

BRAGANTIA

Boletim Técnico da Divisão de Experimentação e Pesquisas
INSTITUTO AGRÔNOMICO

Vol. 11 Campinas, Julho-Setembro de 1951 N.ºs 7-9

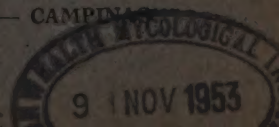
SUMÁRIO

	Pág.
ADUBAÇÃO DA MANDIOCA NO ESTADO DE SÃO PAULO	
Parte I—Efeito da adubação mineral	181
EDGARD S. NORMANHA	
ESTUDO DOS HORIZONTES ORGÂNICOS DO SOLO DE MATAS, NO ARENITO BAURU—Distribuição e fracionamento da matéria orgânica.....	195
F. DA COSTA VERDADE	
ADUBAÇÃO MINERAL PARA A BATATINHA— <i>SOLANUM TUBEROSUM</i> L.—Influência dos elementos <i>N</i> , <i>P</i> e <i>K</i> em solos ricos em matéria orgânica do vale do Paraíba.	211
O. J. BOOCK, A. KÜPPER e J. MOREIRA SALES	
CLOROSE DAS FÔLHAS DO CAFEIEIRO EXCELSA.....	223
A. S. COSTA e J. E. TEIXEIRA MENDES	
OBSERVAÇÕES GERAIS SOBRE OS GRANDES TIPOS DE SOLO DO ESTADO DE SÃO PAULO	227
J. E. DE PAIVA NETO, R. A. CATANI, A. KÜPPER, H. PENNA MEDINA, F. C. VERDADE, M. GUTMANS e A. C. NASCIMENTO.	
A EXTRAÇÃO DO MANGANÊS E SUAS FORMAS DE OCORRÊNCIA EM ALGUNS SOLOS DO ESTADO DE SÃO PAULO	255
R. A. CATANI e J. ROMANO GALLO	
NOTA	
Emprêgo de laminação plástico vinílico como amarrilhão na enxertia	267
E. GERMEK	

Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo
Departamento da Produção Vegetal

INSTITUTO AGRÔNOMICO — CAIXA POSTAL 28 — CAMPINAS

Estado de São Paulo — Brasil



DEPARTAMENTO DA PRODUÇÃO VEGETAL

DIRETOR GERAL: N. C. Schmidt.

Divisão de Experimentação e Pesquisas

INSTITUTO AGRÔNOMICO

DIRETOR: — C. A. Krug

SUBDIVISÕES

SUBDIVISÃO DE GENÉTICA:

Secção de Genética: — A. Carvalho, A. Santos Costa, E. B. Germeck, H. Antunes Filho, M. J. Púrchio, M. P. Penteado, R. Kerr Nogueira, A. J. d'Andrea Pinto.

Secção de Citologia: — A. J. T. Mendes, Cândida H. T. Mendes Conagin, Dixier M. Medina.

Secção de Introdução de Plantas Cultivadas: — L. A. Nucci.

SUBDIVISÃO DE HORTICULTURA: — S. Moreira.

Secção de Citricultura e Plantas Tropicais: — S. Moreira, J. Ferreira da Cunha, O. Galli, J. Soubiê Sobrinho, I. Dias de Toledo, J. Vasquez Cortez.

Secção de Olericultura e Floricultura: — O. Toledo Prado, S. Alves, L. de Sousa Camargo, H. Moreira de Sousa.

Secção de Viticultura e Frutas de Clima Temperado: — J. R. A. Santos Neto, E. P. Guião, P. V. C. Bittencourt, O. Rigitano, O. Zardeto de Toledo, J. B. Bernardi.

SUBDIVISÃO DE PLANTAS TÊXTEIS: — I. Ramos, O. S. Neves (substituto)

Secção de Algodão: — I. Ramos, V. Schmidt, H. de Castro Aguiar, P. A. Cavalieri.

Secção de Plantas Fibrosas Diversas: — J. Vizioli, J. C. Medina, G. de Paiva Castro.

SUBDIVISÃO DE ESTAÇÕES EXPERIMENTAIS: — C. A. Krug, assistido por

O. T. Mendes Sobrinho, C. S. Novais Antunes, R. Munhoz Ruiz e L. N. Segurado.

BRAGANTIA

Redação Técnica: — A. Carvalho e A. Pais de Camargo.

Redação: B. Cavalcante Pinto e Ciro Alves Mourão.

Os manuscritos são apreciados por técnicos deste Instituto, especializados no assunto. Os resumos em inglês foram revisados por gentileza do Prof. W. L. Stevens.

Assinatura anual, Cr\$ 50,00 — Para engenheiros agrônomos, 50% de abatimento. Toda correspondência deve ser dirigida à Redação de Bragantia — Caixa postal 28, Campinas — Est. de São Paulo — Brasil.

BRAGANTIA

Boletim Técnico da Divisão de Experimentação e Pesquisas
INSTITUTO AGRONÔMICO

Vol. 11 Campinas, Julho-Setembro de 1951 N.^{os} 7-9

ADUBAÇÃO DA MANDIOCA NO ESTADO DE SÃO PAULO

PARTE I — EFEITO DA ADUBAÇÃO MINERAL ⁽¹⁾

EDGARD S. NORMANHA

*Engenheiro agrônomo, Secção de Raízes e Tubérculos, Instituto Agronômico
de Campinas ⁽²⁾*

1 - INTRODUÇÃO

O problema da adubação da mandioca no Estado de São Paulo foi estudado em alguns tipos de solo representativos de zonas mandioqueiras, com o fim de se verificar a reação da planta à aplicação dos adubos fornecedores dos elementos nobres: azoto, fósforo e potássio.

Com a intensificação dessa cultura no Estado, após 1939, grande parte da lavoura se estabeleceu em solos já esgotados, onde se fazia necessária a prática das adubações para um ajuste de sua fertilidade às necessidades da planta. Por outro lado, a falta de rotação de culturas, agravando a situação, contribuía para uma diminuição gradativa das colheitas em culturas repetidas numa mesma área. Dessa forma, essas duas causas e mais a incidência de moléstias e pragas, e até os maus tratos culturais, explicavam as baixas produções obtidas em diversas zonas.

Como contribuição ao melhoramento do solo, importava a realização de experiências que viessem servir de base à prática das adubações. No presente trabalho, são apresentados os resultados obtidos com as experiências de adubação mineral, realizadas nas localidades de Tietê EFS, Roseira EFCB, Araras CP e Sorocaba EFS. Antes de se relatarem os resultados dessas experiências, realizadas pela Secção de Raízes e Tubérculos, do Instituto Agronômico, é de interesse a citação de alguns resultados conseguidos por outros autores sobre o assunto.

Niyholt (1), em 1935, relata uma experiência realizada em Java, na qual se colhiam mensalmente, durante um período de 14 meses, 10 plantas

(1) Trabalho apresentado no II Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, realizado em julho de 1951, em Recife, Estado de Pernambuco.

(2) Emprastaram sua colaboração na execução das experiências, os seguintes engenheiros agrônomos: Jorge Bierrenbach de Castro, Jorge Kiehl †, Ângelo Pais de Camargo e Araken Soares Pereira, a quem consignamos nossos agradecimentos, extensivos também ao Eng.^o Agr.^o A. Conagim, pelo auxílio prestado nos cálculos estatísticos.

de mandioca, cujas raízes, ramas e fôlhas eram pesadas e analisadas quimicamente, e conclui, dos resultados, que a mandioca pertence ao grupo das culturas que mais elevadas quantidades de elementos nutritivos retiram do solo. De acôrdo com os resultados dessas colheitas, em parcelas experimentais, a produção correspondeu a 60 toneladas de raízes por hectare, e a retirada dos elementos nessa área, na base dessa produção, foi de 209 kg de N, 104 kg de P_2O_5 , 584 kg de K_2O , 217 kg de CaO e 71 kg de MgO, considerando a planta inteira. O autor acha bastante grande essa produção para as condições de Java, onde a média vai de 25 a 30 toneladas por hectare.

Uma colheita de 17 toneladas de raízes por hectare, aos 14 meses, considerada como boa para o Estado de São Paulo, retiraria do solo, naquela mesma base (raízes, ramas e fôlhas), 60 kg de N, 29 kg de P_2O_5 , 165 kg de K_2O , 61,5 kg de CaO e 20 kg de MgO.

Êsses números mostram, certamente, que a retirada de elementos nutritivos do solo, pela cultura da mandioca, é relativamente grande, principalmente a do potássio, cujas quantidades absorvidas são 5,7 vêzes maiores do que as do ácido fosfórico.

Na base das análises daquele autor, 90% da quantidade total de cada elemento absorvido pela planta são retirados, até o sexto mês, para o azôto; no décimo primeiro para o potássio e o cálcio, e no décimo segundo mês para o fósforo.

Den Doop (2), em 1938, apresenta os resultados que obteve com experiências de adubação da mandioca nas regiões de Pamanoekan e Tijasen, em Java, em terra vermelha, já esgotada, e que revelava pobreza em potássio. A deficiência dêsse elemento foi constatada em plantas já com um ano de idade, bem supridas de azôto e fósforo. Mostra o autor que, em face da falta de potássio, a planta o retira para seu posterior desenvolvimento das partes mais velhas das ramas. Após a morte dessas partes, o vegetal se ramifica abundantemente. Nessas experiências, as adubações foram feitas com sulfato de amônio, superfosfato duplo e sulfato de potássio, tendo sido aplicadas dois meses após o plantio. A colheita se fez após dezesseis meses da plantação. As bases da adubação, por hectare, foram de 37 a 111 kg de azôto, de 18 a 72 kg de fósforo e 91 a 273 kg de potássio. Estudando a influência do aumento das doses de N, de P e de K, concluiu que, para a mandioca, houve muito pouca necessidade de azôto naquele tipo de solo. Por outro lado, constatou uma grande necessidade de potássio e também uma influência benéfica do fósforo, quando apoiado pela adubação potássica. Den Doop pôde também observar uma fixação no solo maior para o potássio do que para o fósforo, tendo também constatado que a variação da umidade na terra influenciou a assimilação do potássio, no sentido de que períodos de seca auxiliaram a fixação dêste elemento no solo.

2-MATERIAL E MÉTODO

Para a realização das experiências foi feito um plano segundo o qual doze tratamentos foram estudados, a saber:

1 — (1)	5 — pk	9 — $n/2 \text{ } pk$
2 — n	6 — nk	10 — $n \text{ } p/2 \text{ } k$
3 — p	7 — np	11 — $np \text{ } k/2$
4 — k	8 — $npk/2$	12 — npk

Os símbolos representam: (1) o tratamento sem adubo, testemunha; n a adubação azotada; p a fosfatada, e k a potássica. As doses básicas dos elementos, por hectare, foram estabelecidas do seguinte modo:

n —	80 kg de azôto
p —	120 kg de ácido fosfórico
k —	60 kg de óxido de potássio

Dessa forma, os doze tratamentos atrás mencionados representam o emprêgo de fontes isoladas de cada elemento, bem como de fórmulas resultantes da combinação dos adubos, dois a dois, e de misturas completas em que são reduzidas à metade as doses de todos ou de cada um dos elementos. Essas doses básicas são um tanto elevadas. Basearam-se nos resultados anteriormente obtidos com a cultura da batatinha (3).

Os adubos empregados foram os constantes da relação seguinte:

ADUBOS	kg por hectare	
	do elemento	do adubo
Sulfato de amônio (20% de N)	80	400
Superfosfato de cálcio (20% de P_2O_5)	120	600
ou Farinha de ossos degelatinados (29% de P_2O_5)	120	414
Cloreto de potássio (50% de K_2O)	60	120

Como fonte de azôto foi empregado o sulfato de amônio, por ser de ação mais duradoura no solo do que o salitre, para as aplicações no ato do plantio.

O cloreto de potássio foi usado como fonte de potássio. Como fertilizante fosfatado foi empregado o superfosfato, na maioria das experiências, ou seja em onze delas, e a farinha de ossos em apenas três. Os adubos ou suas misturas foram colocados no fundo e nos bordos dos sulcos, e, a seguir, bem misturados com a terra. Esse processo de aplicação dos adubos, no mesmo sulco que recebe as ramas, foi o utilizado por não se ter comparado antes, experimentalmente, outro sistema de aplicação dos fertilizantes para a mandioca. Destarte, os resultados obtidos referem-se apenas ao processo de aplicação dos adubos nos mesmos sulcos que recebem as manivas.

As variedades de mandioca utilizadas foram as comumente cultivadas nas regiões em que os ensaios foram realizados. São elas: a n.º 1 "Vas-sourinha", a mais difundida no Estado, usada para mesa, forragem e indústrias; foi empregada em nove ensaios. A n.º 371 "Tatu", menos

difundida, para os mesmos fins; foi usada em quatro ensaios. A variedade n.º 118 "Cambaia", muito cultivada na região do Vale do Paraíba, só para fins industriais, por ser tóxica, entrou numa só experiência. Êsses três tipos são suscetíveis à Bacteriose — causada por *Xanthomonas manihoti* (Arthaud Berthet) Burk, e às brocas das ramas (*Coelosternus* sp.), comumente os dois principais fatores de insucesso da cultura.

As localidades onde se realizaram as experiências foram escolhidas de acôrdo com a importância da cultura da mandioca para a região, e também segundo as facilidades que ofereciam à realização dos trabalhos. Assim, os ensaios se distribuíram da seguinte maneira: seis experiências na Estação Experimental de Sorocaba, em solos da formação Glacial (arenoso) e Arqueano (Salmourão); quatro no município de Tietê, incluindo a área da Estação Experimental e uma fazenda particular, em terras de formação Glacial, e dessa formação em mistura com a Corumbataí; três na zona de Araras, em tipo de solo terra roxa já muito explorada; e uma em Roseira, na zona do Vale do Paraíba, em solo do Terciário. As áreas experimentais usadas representavam, tôdas elas, glebas já exploradas durante muitos anos por culturas diversas.

O delineamento das experiências obedeceu, inicialmente, a uma distribuição sistemática dos canteiros dentro dos blocos, os quais, em alguns casos, tiveram formato desigual. Cinco são as experiências aqui relatadas, que se enquadram neste caso. Posteriormente, os ensaios passaram a ser instalados com distribuição em blocos ao acaso. Sob êsse plano, foram instaladas nove experiências.

Os canteiros, em tôdas as experiências, tiveram 100 plantas por tratamento, distribuídas em quatro linhas espaçadas de 1,20 m. Entre as 25 plantas, dentro das linhas, deixou-se um espaço de 0,60 m. Dimensões dos canteiros: 4,80 x 15,00 m, com 72 metros quadrados. Número de repetições: quatro. Entre os canteiros deixou-se uma linha de plantas como bordadura comum, não adubada, e entre os blocos, sempre em número de quatro, um espaço de 1,80 m de planta a planta. Tôdas as experiências foram plantadas pelo sistema comum, isto é, manivas de 15 centímetros de comprimento, com, aproximadamente, a mesma grossura, colocadas horizontalmente no fundo dos sulcos a 10 centímetros de profundidade, e totalmente cobertas com a terra dos bordos dos sulcos. Dos catorze ensaios, nove foram colhidos com um ciclo vegetativo, e cinco com dois ciclos. As experiências foram plantadas nos meses de setembro a dezembro, em épocas mais ou menos chuvosas. Muitas dessas experiências foram atacadas por Bacteriose ou por brocas do caule, em intensidade variável, segundo a experiência, porém nunca a ponto de afetar os resultados.

Deixam de ser relatadas aqui as experiências que foram prejudicadas, principalmente pelo número elevado de falhas.

3 - RESULTADOS OBTIDOS

Durante o período de vegetação das plantas, foram feitas observações relativas à percentagem de brotação, ao desenvolvimento vegetativo e à incidência de moléstias e pragas. O comportamento das experiências, sob êsses aspectos, será relatado a seguir:

3.1 - PERCENTAGEM DE BROTAÇÃO

A contagem de manivas brotadas foi feita em doze das catorze experiências estudadas, pois em duas delas a brotação foi considerada como muito boa para todos os tratamentos. Constatou-se uma influência mais ou menos prejudicial de alguns tratamentos sobre a brotação das manivas, dado o sistema de aplicação dos adubos. De fato, analisando os dados sobre a percentagem de brotação, daquelas doze experiências, verificou-se que, em oito dentre elas, os canteiros não adubados apresentaram no máximo 18% de falhas, e algumas fórmulas de adubação nestas experiências revelaram de 22 a 53% de falhas. Nas outras quatro experiências, bem mais falhadas, os canteiros sem adubo tiveram apenas 57 a 68% de brotação, e somente numa delas é que não se verificou aquela ação prejudicial de certos tratamentos sobre a brotação das manivas.

Estudando a questão das falhas ocorridas com maior intensidade em algumas fórmulas de adubação, pode-se concluir, consoante os dados do quadro 1, o seguinte:

a) Considerando a análise estatística da parte fatorial de seis experiências, notou-se uma influência prejudicial à brotação devida aos tratamentos em que figuraram os adubos fornecedores dos seguintes elementos: azoto (no 19.º Ensaio, Tietê; no 22.º Ensaio, Sorocaba; no 25.º Ensaio, Tietê); fósforo (no 17.º Ensaio, Araras; no 19.º Ensaio, Tietê); azoto e fósforo (no 16.º Ensaio, Sorocaba).

b) Numa observação de conjunto de todas as experiências constatou-se também que os tratamentos que com mais frequência ocasionaram falhas, são nk , np e as fórmulas completas. Os tratamentos p , k e pk produziram falhas numa única exceção para cada um destes tratamentos.

c) O efeito prejudicial de algumas fórmulas de adubação, sobre a brotação das manivas, deve explicar-se, possivelmente, por um efeito da concentração salina, em contacto da qual se mantiveram as manivas. Esses resultados sugerem, pois, experiências relativas ao modo de aplicação dos adubos também para a cultura da mandioca.

3.2 - DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO

Com base nas observações feitas durante o período de vegetação das experiências, verificou-se que, em geral, as adubações azotadas ou potássicas unicamente, ou qualquer fórmula sem o adubo fosfatado, não tornavam a vegetação melhor que a dos canteiros sem adubo. Somente a adubação fosfatada influíu favoravelmente no crescimento das plantas. As fórmulas completas foram quase sempre as que conferiram melhor aspecto às plantas.

QUADRO 1.—Produções médias de raízes em toneladas por hectare, por tratamento, e respectivas percentagens de brotação, obtidas em 14 experiências de adubação da mandioca, no Estado de São Paulo. Em Tietê foi empregada a variedade Tatu; em Roseira, a Cambala, e nas demais localidades a variedade comum Vassourinha

Ensaio	Tratamentos										
	(1)	n	p	k	p k	n k	n p	$\frac{n p k}{2}$	$\frac{n}{2} p k$	$\frac{p}{2} k$	$\frac{k}{n p 2}$
SOROCABA	{ 5. ^o — Set. 37 a jul. 38 ----- 13. ^o — Nov. 38 a ago. 39 ----- Nov. 39 a jul. 40 -----	{ 7.3 62% 15.1 82% 13.2 97%	{ 6.0 54% 17.8 84% 12.8 97%	{ 5.3 46% 18.3 86% 14.8 96%	{ 10.6 60% 18.4 86% 14.4 98%	{ 5.3 45% 15.5 87% 16.9 98%	{ 11.6 61% 17.8 83% 14.9 94%	{ 10.7 56% 18.6 79% 15.6 96%	{ 11.6 57% 19.6 81% 17.3 95%	{ 10.1 53% 18.8 77% 16.3 93%	{ 11.3 52% 20.8 81% 17.8 96%
	{ 22. ^o — Nov. 40 a jun. 42 ----- 26. ^o — Dez. 41 a jun. 43 ----- 27. ^o — Nov. 42 a jul. 44 -----	{ 20.5 85% 32.0 83% 31.2 80%	{ 17.1 85% 32.0 83% 32.7 80%	{ 19.5 80% 38.2 87% 33.3 75%	{ 29.7 81% 30.7 80% 29.0 76%	{ 17.1 56% 34.6 81% 33.2 70%	{ 27.1 67% 31.6 47% 36.9 69%	{ 27.8 68% 21.6 39% 34.1 77%	{ 28.5 71% 25.6 48% 32.9 65%	{ 23.2 54% 34.5 55% 35.3 71%	{ 24.3 46% 33.7 49% 34.0 71%
	{ 6. ^o — Set. 37 a ago. 38 ----- 14. ^o — Dez. 38 a ago. 39 ----- 19. ^o — Jan. 40 a jul. 41 ----- 25. ^o — Dez. 41 a jul. 43 -----	{ 20.9 82% 7.8 83% 12.9 66% 20.9 82%	{ 24.5 72% 6.5 71% 14.2 66% 24.5 72%	{ 22.7 84% 6.6 87% 12.3 61% 22.7 84%	{ 21.6 81% 6.5 75% 16.0 71% 21.6 81%	{ 24.9 68% 8.1 78% 12.7 66% 24.9 68%	{ 26.0 71% 8.6 58% 17.2 59% 26.0 71%	{ 24.3 78% 8.8 21.6 16.9 57% 24.3 78%	{ 24.1 73% 6.6 22.2 17.1 69% 24.1 73%	{ 24.9 67% 6.4 72% 15.4 72% 24.9 67%	{ 23.3 69% 7.9 67% 15.4 59% 23.3 69%
ARARAS	{ 10. ^o — Out. 37 a jul. 38 ----- 17. ^o — Nov. 39 a jul. 40 ----- 20. ^o — Nov. 40 a mai. 42 -----	{ 15.6 89% 13.8 95% 9.5 86%	{ 15.0 76% 14.5 92% 7.9 85%	{ 14.8 80% 13.3 94% 8.4 84%	{ 19.8 86% 16.3 91% 19.4 79%	{ 12.7 68% 12.3 95% 10.9 72%	{ 18.7 78% 15.6 89% 23.3 73%	{ 20.2 81% 14.3 93% 15.7 74%	{ 19.3 72% 13.9 81% 22.2 79%	{ 20.3 69% 13.9 96% 17.0 73%	{ 19.9 63% 14.7 83% 24.5 73%
	{ 8. ^o — Out. 37 a jun. 38 -----	{ 11.8 86%	{ 9.2 85%	{ 11.4 84%	{ 12.1 79%	{ 9.4 72%	{ 11.6 73%	{ 13.5 75%	{ 14.2 79%	{ 13.8 73%	{ 13.7 73%
ROSKIRA	{ 8. ^o — Out. 37 a jun. 38 -----	{ 11.8 86%	{ 9.2 85%	{ 11.4 84%	{ 12.1 79%	{ 9.4 72%	{ 11.6 73%	{ 13.5 75%	{ 14.2 79%	{ 13.8 73%	{ 13.7 73%

3.3 - RESULTADO OBTIDO QUANTO AS PERCENTAGENS DE BROTAÇÃO E AS PRODUÇÕES

As produções de raízes foram sempre tomadas logo após o arrancamento. Conforme mencionado, as cinco primeiras experiências de adubação aqui relatadas tiveram os seus canteiros com distribuição sistemática no campo. Tais ensaios foram colhidos com um ciclo vegetativo, sendo dois em Sorocaba (n.ºs 5 e 13) e os demais em Tietê (n.º 6), Roseira

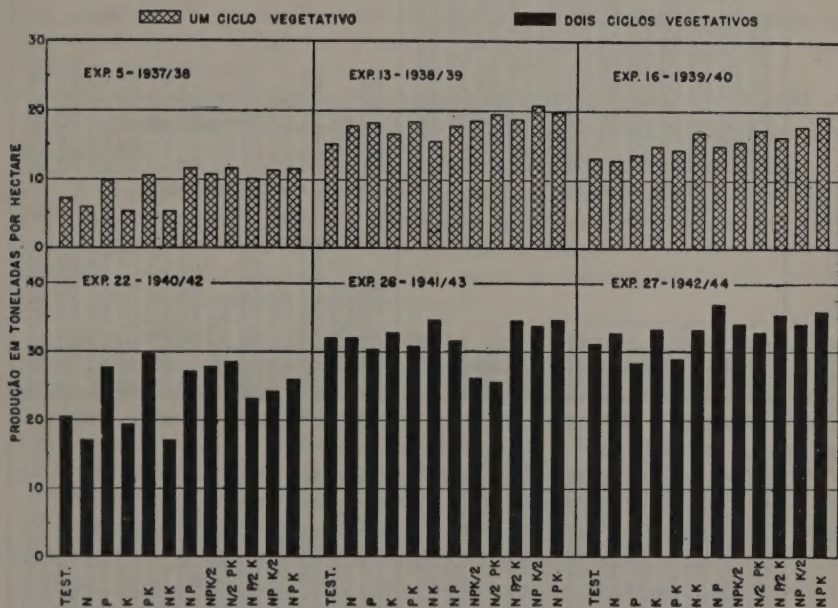


FIGURA 1.—Produções médias de raízes, por tratamento, obtidas em seis experiências de adubação de mandioca, três com um e três com dois ciclos vegetativos, na Estação Experimental de Sorocaba. Em solos da formação Glacial, arenoso: exp. n.º 5 e 22); Arqueano (Salmourão): exp. n.º 26 e 27; e mistura dessas duas formações: exp. n.º 13 e 16.

(n.º 8) e Araras (n.º 10). O quadro 1 traz o resumo dos resultados obtidos em tôdas as experiências, em número de 14, apresentados em toneladas de raízes por hectare e percentagens de brotação de manivas por tratamento.

A experiência n.º 5, em Sorocaba, que se apresentou falhada, teve baixas produções (solo Glacial). O adubo azotado contribuiu para causar falhas, e o fosfatado para aumentar a produção. Ainda em Sorocaba (mistura do Glacial e Salmourão), a experiência n.º 13 não revelou influência dos adubos sobre a brotação das manivas. Foi benéfica a ação do azoto e do fósforo, isoladamente ou combinados.

A experiência n.º 6, em Tietê (mistura de Glacial e Corumbataí), com boas produções, mostrou influência do adubo azotado sobre o aumento das falhas e, apesar disto, uma influência favorável sobre a produção.

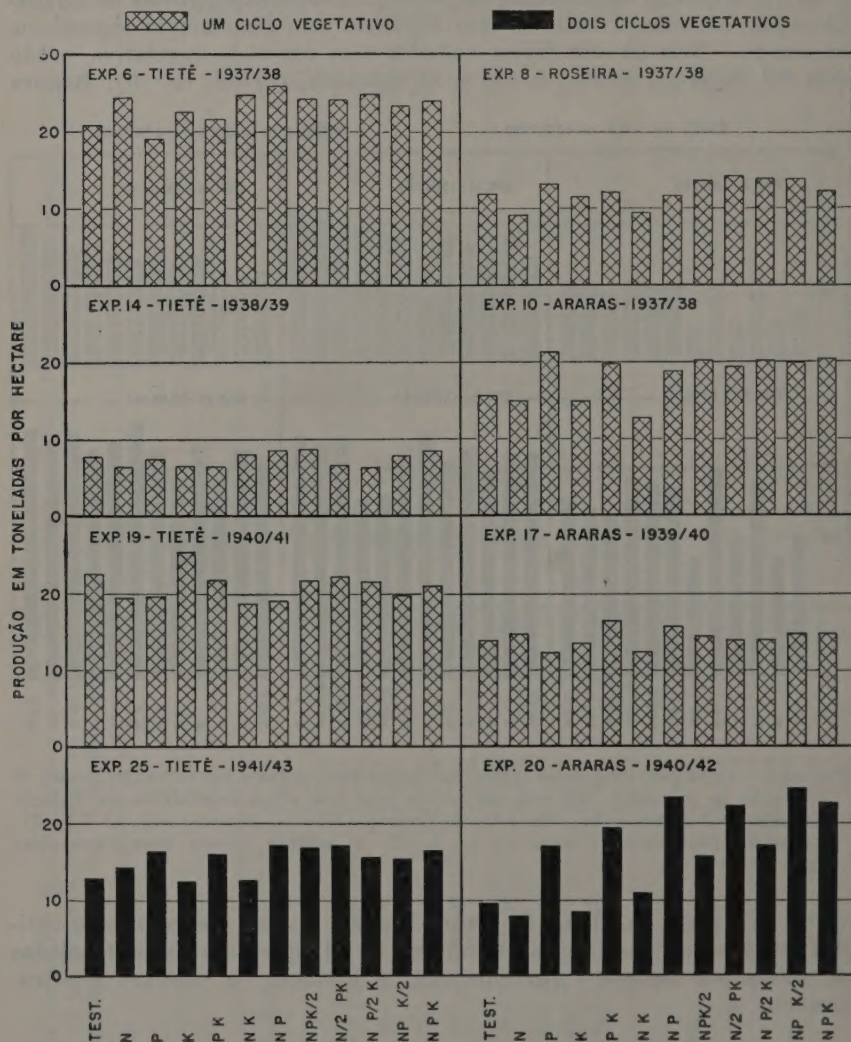


FIGURA 2.—Produções médias de raízes por tratamento, obtidas em oito experiências de adubação de mandioca, das quais seis colhidas com um ciclo vegetativo e dois com dois ciclos, instaladas em diferentes localidades do Estado de S. Paulo. Em Tietê, solos de formação Glacial: exp. n.º 19 e 25 e numa mistura de Glacial com Corumbataí: exp. n.º 6 e 14. Em Araras, em terra roxa misturada, já explorada: exp. n.º 10, 17 e 20. Em Roseira, em solo do Terciário: exp. n.º 8.

Em Roseira (Terciário), a experiência n.º 8 indicou uma queda na percentagem de brotação para o tratamento nk e para as fórmulas completas. A adubação azotada não determinou falhas, mas provocou uma pequena queda na produção. A adubação fosfatada determinou um pequeno aumento na colheita.

Na zona de Araras (Roxa, misturada, explorada), a experiência n.º 10 revelou um maior número de falhas, onde figurou o adubo azotado, e um aumento de produção onde figurou o adubo fosfatado, apesar do maior número de falhas nas fórmulas onde entrou conjuntamente o fornecedor do elemento N.

As demais experiências obedeceram a delineamentos em blocos ao acaso. Desses ensaios, os colhidos com um ciclo vegetativo localizaram-se em Sorocaba (n.º 16), em Tietê (n.º 14 e 19) e Araras (n.º 17).

A experiência n.º 14, em Tietê (mistura de Glacial com Corumbataí), foi a que apresentou menores produções, possivelmente porque foi plantada tardiamente e na mesma área em que se cultivara mandioca no ano anterior. As diferenças de produção entre os tratamentos foram pequenas e não significativas estatisticamente.

A experiência n.º 19, instalada na mesma região, porém em outra gleba (Glacial), deu produções muito boas. As diferenças havidas entre as produções não foram significativas. Entretanto, por uma decomposição da parte fatorial, estatisticamente, concluiu-se que as fórmulas em que figurou o elemento N influíram prejudicando a brotação das manivas e as produções de raízes. O adubo fosfatado também aqui atuou desfavoravelmente na brotação das manivas e na produção.

Em Sorocaba, a experiência n.º 16 (mistura de Glacial com Salmourão), foi a que apresentou melhores êxitos quanto à brotação, com percentagens acima de 90%. Não houve, pois, influência dos adubos, ocasionando falhas. As diferenças de produção foram significativas estatisticamente, e a fórmula nk foi superior ao tratamento sem adubo, tendo sido a adubação completa — nph — a melhor de todas.

Na experiência n.º 17, na região de Araras (Roxa, misturada, explorada), os canteiros apresentaram boas percentagens de brotação, mas houve uma influência do adubo fosfatado na ocorrência de falhas. As diferenças de produção não foram significativas estatisticamente. Entretanto, a decomposição estatística da parte fatorial indicou que o tratamento nk , embora não prejudicial à brotação das ramas, determinou queda de produção.

As experiências com delineamento ao acaso, colhidas com dois ciclos vegetativos, localizaram-se em Sorocaba (n.º 22, 26 e 27), Araras (n.º 20) e Tietê (n.º 25).

A experiência n.º 22, instalada em Sorocaba (Glacial), revelou visivelmente que os tratamentos, em que figurou o adubo azotado, prejudicaram a brotação das manivas. Mas, apenas nos tratamentos n e nk é que a produção também caiu, pois nos demais, onde figurou o adubo

Quadro 2.—Resultados analíticos de amostras de solo retiradas do local das 20.^a e 22.^a experiências de adubação da mandioca, em Araras e Sorocaba, respectivamente. Dados fornecidos pela Seção de Agrogeologia do Instituto Agrônomico.

Experiência	Número da amostra	Acidez int.	Teor total		Teor trocável (equivalente-miligrama por 100 g de solo seco ao ar)										V	
			C	N	PO ₄ ---	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Mn ⁺⁺	S	T-S	Al ⁺⁺⁺	H ⁺			
20. ^a Araras (1)	T 463	pH 4,25	% 1,76	% 0,123	e. mg 1,02	e. mg 0,15	e. mg 0,39	e. mg 0,17	e. mg 0,07	e. mg 0,78	e. mg 12,89	e. mg 2,18	e. mg 10,71	% 5,7		
	T 464	4,18	1,86	0,106	0,82	0,12	0,29	0,50	0,07	0,98	12,50	2,55	9,95	7,3		
	T 465	4,45	1,41	0,123	0,88	0,23	0,17	0,68	0,18	1,26	10,60	1,87	8,73	10,6		
	T 466	4,30	1,74	0,145	1,26	0,09	0,52	0,11	0,07	0,78	12,10	2,04	10,06	6,1		
22. ^a Sorocaba (2)	T 473	4,65	1,54	0,095	0,93	0,09	0,50	0,08	0,03	0,70	10,10	1,02	9,08	6,5		
	T 474	4,50	1,36	0,090	0,93	0,10	0,50	0,12	0,03	0,75	9,43	0,88	8,55	7,4		
	T 475	4,90	1,50	0,095	1,14	0,24	1,60	0,16	0,06	2,16	8,22	0,24	7,98	20,8		
	T 476	4,75	1,30	0,095	1,08	0,23	1,10	0,22	0,07	1,62	8,22	0,56	7,66	16,5		

(1) As amostras T 463 a T 466 são do solo do 20.º ensaio de adubação de mandioca, realizado na fazenda Santo Antônio, em Araras. O solo acusou 26 a 38% de argila e 10 a 12% de areia grossa.

(2) As amostras T 473 a T 476 são do solo do 22.º ensaio de adubação de mandioca, realizado na Estação Experimental de Sorocaba.

azotado, apesar de prejudicada a brotação, houve acréscimo na produção, devido ao fertilizante fosfatado. As diferenças de produção havidas foram significativas, e a decomposição da parte fatorial indicou influência favorável à produção para todos os tratamentos em que entrou o elemento P. A adubação fosfatada elevou a produção de 35%. A análise química do solo revelou um pH entre 4,5 e 4,9, e um índice de saturação V% de baixo valor (7 a 20%) (quadro 2).

A experiência n.º 26, também em Sorocaba (Salmourão), foi a que apresentou as maiores produções de raízes. De modo geral, a experiência apresentou-se falhada. As diferenças de produção havidas entre tratamentos não foram significativas, tendo sido pequenas.

Ainda em Sorocaba (Salmourão), a experiência n.º 27, também um tanto falhada, deu ótimas produções. As diferenças de produção entre tratamentos não foram significativas. Entretanto, a decomposição da parte fatorial do ensaio indicou um efeito favorável à produção de raízes para as fórmulas em que figuraram os elementos N e NP.

Na região de Araras (Roxa misturada), a experiência n.º 20 foi instalada em terra pobre, com índice pH de 4,18 a 4,45, e acusando baixo índice de saturação V% (de 5 a 10%). As produções dos canteiros testemunhas foram baixas. As adubações azotada somente, potássica somente ou ambas reunidas, não aumentaram a produção de raízes. Todas as fórmulas, em que figurou a adubação fosfatada, apresentaram aumentos de produção de 65 a 150%, e foram estatisticamente superiores ao tratamento sem adubo.

A experiência n.º 25, realizada em Tietê (Glacial), apresentou-se um tanto falhada. As produções foram regulares, tendo sido significativas as diferenças havidas entre as médias dos tratamentos. A análise estatística da parte fatorial do ensaio indicou uma influência favorável à produção, para as fórmulas em que figurou a adubação fosfatada. A fórmula np acusou um aumento de 33% na colheita, sobre o testemunha.

Pode-se deduzir, dos resultados obtidos, que, na maioria das experiências aqui relatadas, o elemento de maior influência no aumento da produção de raízes foi o fósforo, e que o nitrogênio e o potássio, em geral, exerceram ação benéfica quando apoiados pela presença do fósforo.

4 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 - PERCENTAGEM DE BROTAÇÃO

De acordo com as análises feitas sobre as percentagens de brotação das diferentes experiências, ficou patente que, na maioria delas, certos tratamentos influíram prejudicialmente na brotação das manivas. A observação dos resultados revela que aquele efeito é mais frequente para os tratamentos em que há maior quantidade de adubos nos sulcos. Por exemplo, o cloreto de potássio, que entrou em menores doses quantitativamente, quando empregado sozinho, não se revelou prejudicial, a não ser em uma única vez (5.º Ensaio, em Sorocaba). O superfosfato, a

farinha de ossos e o sulfato de amônio foram usados em quantidades bem maiores. Mas sabe-se que, destes últimos, o sulfato de amônio é o mais higroscópico e o que determina concentrações salinas mais prejudiciais em igualdade de doses dos adubos. E tudo parece indicar que o efeito prejudicial havido se explica não somente por uma questão de concentração salina no solo, devida às quantidades de fertilizantes empregadas, como pela natureza dos adubos. Coadjuvou, naturalmente, a ação dos adubos nesse sentido, o modo de sua aplicação nos sulcos, juntamente com as manivas, pouco antes do plantio. Pela sua natureza, foi o sulfato de amônio o maior responsável pelas falhas, de modo geral.

4.2 - PRODUÇÃO

No tocante às produções de raízes, constatou-se uma variação da influência dos adubos segundo o tipo do solo em que as experiências foram plantadas. Verificou-se que, em solo de formação Glacial e na terra roxa misturada e já explorada, há efeito favorável da adubação fosfatada na produção de raízes. No Terciário é apenas regular a ação favorável do fósforo. Onde há uma mistura da formação Corumbataí com Glacial, há uma influência da adubação azotada, ou não há influência das adubações. Em solo Salmourão não se constatou efeito favorável da adubação fosfatada, mas influíram um pouco as fórmulas n e np .

Numa mistura de Glacial com Salmourão, influenciou bem a fórmula nk .

Dentre as experiências colhidas com um ciclo vegetativo, as maiores produções foram obtidas na localidade de Tietê, na formação Glacial e numa mistura de Glacial com Corumbataí.

Das experiências colhidas com dois ciclos, as mais produtivas foram as duas colhidas em solo da formação Salmourão, em Sorocaba. Os resultados dessas experiências também mostraram que, apesar de ser o potássio o elemento que, em maiores doses, a mandioca absorve do solo, até numa proporção de 5,7 para 1, de óxido de potássio para ácido fosfórico (1), não foi a adubação potássica que decidiu a favor dos aumentos de produção nos casos estudados, mesmo em solos aparentemente carecentes desse elemento.

4.3 - ECONOMIA DA ADUBAÇÃO

Um ligeiro estudo sobre o custo da adubação e o aspecto econômico permite tirar as seguintes conclusões: Dentre as diferentes técnicas que podem ser usadas para o aumento e a melhoria da produção, só serão empregadas, certamente, as mais lucrativas, mesmo que não sejam as melhores sob outros aspectos. Assim, o emprêgo de adubos numa cultura só será vantajoso se o aumento na colheita pagar, com margem para lucros, as despesas com as adubações.

Observando os acréscimos obtidos com as adubações estudadas, e computando-se o valor dos fertilizantes empregados na base de Cr\$ 12,00 o quilograma do azoto, Cr\$ 6,00 o do ácido fosfórico e Cr\$ 4,50 o do óxido de potássio, contidos nos fertilizantes, constata-se que, numa base de valorização da mandioca a Cr\$ 0,30 o quilograma para fins industriais

e produto na usina, muitos são os casos de aumento de produção, mas poucos os que se mostram compensadores para o plantador que negocia as raízes com os industriais. Somente para as experiências n.ºs 20 e 22, realizadas, respectivamente, em Araras (terra roxa, misturada, bem explorada) e Sorocaba (solo do Glacial), é que algumas fórmulas de adubação se mostraram, de fato, vantajosas. Os lucros se computariam pela diferença em dinheiro entre o custo da adubação e o valor do aumento da produção, na base de Cr\$ 0,30 por quilograma.

Convém lembrar também que o emprêgo de um adubo que aumenta economicamente a produção, poderá ser menos aconselhável do que o emprêgo do capital no aumento da área cultivada. Isto aconteceria nas terras de aluguel barato. Quando o plantador é o próprio industrial, cuja usina não só consome a sua produção como também a adquirida de outros lavradores, o emprêgo de uma adubação que eleva o nível da colheita poderá ser viável, mesmo que o acréscimo no rendimento venha custar-lhe tanto quanto o produto adquirido. Isto se verificaria particularmente quando a área de cultivo não pode ser ampliada, ou quando a cotação comercial do produto de indústria é amplamente compensadora.

Complexa como é esta questão, pela dependência em que se acha de numerosos fatores, como: aluguel da terra, preço dos trabalhos agrícolas, custo das adubações, limite da área cultivável, preço de venda da produção, cotação comercial do produto, capacidade e regime de trabalho na indústria, etc., não se pode estabelecer nenhuma base fixa para estudar a economia das adubações. De posse das informações técnicas, o lavrador é que resolverá sobre qual o caminho a seguir, segundo as suas circunstâncias.

RESUMO

No presente trabalho são apresentados os resultados obtidos em 14 experiências de adubação mineral com a cultura da mandioca, em alguns tipos de solo do Estado de São Paulo. Foram levadas a efeito experiências em quatro regiões: Sorocaba, em solo Glacial, Salmourão e mistura dessas duas formações; Tietê, em solo Glacial e mistura dêste com Corumbataí; Araras, em terra roxa misturada, já bem explorada, e em Roseira, no Terciário.

Os adubos empregados foram os seguintes: sulfato de amônio (20% de N), superfosfato de cálcio (20% de P_2O_5) ou farinha de ossos degelatinados (29% de P_2O_5) e cloreto de potássio (50% de K_2O) na base de 80 kg de N, 120 kg de P_2O_5 e 60 kg de K_2O por hectare.

Os tratamentos estudados foram os resultantes do emprêgo desses adubos, quer isoladamente quer combinados dois a dois, como em fórmulas completas, nas quais se reduziu à metade a dose de todos ou de cada um dos elementos. O adubo fosfatado, utilizado nas fórmulas de cada experiência, foi apenas um dos acima citados, conforme o caso. Os adubos foram aplicados nos sulcos antes do plantio, e bem misturados com a terra.

Concluiu-se que o processo de aplicação dos adubos nos sulcos foi prejudicial para a brotação das manivas, principalmente nos casos em que as quantidades dos adubos foram grandes e em que figurou o sulfato de amônio. Estes resultados sugerem uma experimentação relativa ao modo de aplicação dos adubos também para a mandioca.

Estudando-se o efeito das adubações sobre a produção de raízes, constatou-se um efeito favorável do adubo fosfatado em solos pobres do Glacial e de terra Roxa misturada, já bem explorada. Em solo Salmourão, onde as produções de mandioca foram muito boas, a adubação azotada somente, e esta com a fosfatada, foram as melhores.

Os ensaios servem de base para um planejamento da experimentação sobre o assunto também em outros tipos de solo e sob aspectos diferentes, como sejam o da forma de aplicação dos fertilizantes, o da conjugação de adubos minerais com orgânicos e a economia das adubações.

SUMMARY

Results are presented of 14 cassava (*Manihot utilissima* Pohl) fertilizer experiments, conducted in four regions of the State of São Paulo, varying in soil types.

Ammonium Sulphate, Superphosphate of Lime, Bone Meal and Potassium Chloride were applied separately or mixed at the rate of 80 kg of Nitrogen, 120 kg of Phosphoric acid and 60 kg of Potassium oxide to the hectare.

The fertilizers were applied in advance of planting in the planting furrows at 10 cm depth.

The results can be summarized as follows:

a) Ammonium Sulphate applied to the planting furrows caused rather poor sprouting of the cuttings;

b) The influence of N, P, K fertilizers, separately or mixed varied according to soil type: in rather poor soil (*Glacial* and *terra roxa cansada*), P fertilizers increased root production; in better *Salmourão* soil, N fertilizer alone or mixed with P gave good results; in other regions either no beneficial effects of fertilizer application was noticed or a slight effect of N or N + K recorded.

Due to high prices of fertilizers and to the relatively low value of cassava roots, the beneficial effects obtained in some of the regions are usually not considered to be of economic interest to the farmer.

LITERATURA CITADA

1. Nijholt, J. A. Opname van voedingstoffen uit den bodem bij cassave. Landbouw n.º 9, 1935, L. X., citado em "Die Ernährung der Pflanzen" 32: 406-408. 1936.
2. den Doop, J. E. A. Verlauf der Nährstoffaufnahme bei Maniok. Em Die Ernährung der Pflanze 34: 69-71. 1938.
3. Camargo, T. e C. A. Krug. Experiências sobre adubação da batata. Bol. téc. Inst. Agr. Campinas 16:1-36. 1935.

ESTUDO DOS HORIZONTES ORGÂNICOS DO SOLO DE MATAS, NO ARENITO BAURU

I —DISTRIBUIÇÃO E FRACIONAMENTO DA MATÉRIA ORGÂNICA ⁽¹⁾

F. DA COSTA VERDADE

Engenheiro agrônomo, Seção de Agrogeologia, Instituto Agronômico de Campinas

1 - INTRODUÇÃO

O estudo da matéria orgânica nos solos de matas é de grande importância, porque ela exerce influência na gênese do perfil, permitindo sua perfeita caracterização. Joffe (7), numa revisão de trabalhos, assinala que os horizontes orgânicos ⁽²⁾ estão geneticamente relacionados com os demais e, conseqüentemente, fazem parte do perfil do solo. Esse autor frisa o caráter acumulativo dos horizontes orgânicos e o fato de os restos vegetais, encerrando substâncias minerais retiradas dos horizontes inferiores, serem libertados na superfície do solo.

Num clima como o do Estado de São Paulo, onde há elevada lixiviação das bases do solo, provavelmente o fator mais ponderável, na retenção dessas bases, seja a matéria orgânica.

A matéria orgânica constitui um dos problemas da fertilidade do solo e a sua manutenção no solo é uma necessidade para a agricultura. A exploração do que ainda resta das matas do Estado de São Paulo, visando o seu aproveitamento agrícola, continua a ser a mais primitiva possível, talvez por motivos econômicos. Foi e é prática comum, no Estado, a queima das matas, com ou sem exploração da madeira, para desembaraçar os terrenos que vão ser cultivados. Sob muitos ângulos se pode analisar essa prática, porém, do ponto de vista científico e mesmo agrícola, é extremamente perniciosa, uma vez que os elementos minerais nutritivos, que só paulatinamente seriam cedidos às plantas pela decomposição da matéria orgânica, são então perdidos em virtude da sua libertação imediata, visto que o complexo do solo se apresenta quase saturado nesta fase inicial de exploração agrícola. Daí, terem os solos cultivados do Estado diminuído rapidamente na sua fertilidade, mal este agravado, ainda, pelas queimas sucessivas dos restos de culturas.

No presente trabalho discutem-se os resultados de um estudo sobre a distribuição e a composição da matéria orgânica dos solos, nas matas existentes na Estação Experimental de Pindorama, e que representam o grande tipo de solo Arenito Bauru.

⁽¹⁾ Trabalho apresentado na III Reunião Brasileira de Ciência do Solo, realizada em Recife, em julho de 1951.

⁽²⁾ Neste trabalho, os horizontes A_{on} e A_{on} do perfil do solo, são chamados de horizontes orgânicos, os quais se apresentam, mais adiante, com denominação específica.

2 - NOMENCLATURA, MÉTODOS DE TRABALHOS E DESCRIÇÃO DOS HORIZONTES A_{00} e A_0

A nomenclatura para as diversas camadas que constituem os horizontes orgânicos nos solos das matas, os métodos analíticos empregados no estudo da matéria orgânica, o processo de coletar as amostras, bem como uma descrição detalhada de cada amostra, constituíram objeto de estudos.

2.1 - NOMENCLATURA

Foram encontradas dificuldades na denominação das diferentes camadas que constituem os horizontes A_{00} e A_0 , por falta de termos técnicos em português, e, também, como assinala Waksman (15), por ser sua classificação bastante confusa, através do tempo. Procurou-se uma nomenclatura que pudesse ser confrontada com a de outros países. A classificação será baseada na de Heiberg e Chandler (6), a qual se aplica a solos bem drenados e altos, condições essas necessárias, desde que são as encontradas nos solos das matas em estudo.

Serapilheira ou *manta florestal* (4) é constituída das camadas superficiais do solo de mata que possui restos vegetais, desde os não decompostos até os de decomposição avançada. Corresponde ao *forest floor* da nomenclatura americana (1). A *serapilheira* divide-se em dois horizontes A_{00} e A_0 (6, 13, 19). Ao horizonte A_{00} pode-se chamar de *serapilheira não decomposta* ou *liteira*, e compreende os restos vegetais depositados na superfície, não decompostos ou levemente decompostos. Quando se quer indicar o caráter de não decomposto em confronto com as duas camadas do horizonte A_0 , pode-se chamar ao horizonte A_{00} de camada *L*. O horizonte A_0 consiste em duas camadas. A primeira pode ser denominada *serapilheira em fermentação* e compreende a parte da *serapilheira* mais ou menos decomposta, na qual a estrutura vegetal revela, ainda, a sua origem. Esta camada é intermediária entre a *liteira* e a camada inferior, sendo denominada, na nomenclatura americana de *duff*. Ela é representada pela letra *F*. A segunda camada do horizonte A_0 pode ser chamada de *serapilheira humificada*, onde a decomposição é muito avançada, não mais revelando estrutura vegetal. É designada pela letra *H*, e corresponde aos termos *leafmold* ou *humus*, da literatura americana (1, 6, 15, 20).

A camada *H* pode não estar presente no perfil, quando a matéria orgânica, muito dividida, se mistura intimamente com a parte mineral, confundindo-se, neste caso, com o horizonte A_1 . Segundo a estrutura, espessura e consistência, o horizonte A_0 divide-se em dois tipos principais: *mull* e *mor* (6). Para essas expressões não foram encontrados termos adequados em português, razão pela qual foi mantida a nomenclatura americana.

2.2 - DOSAGEM DA MATÉRIA ORGÂNICA

Em amostra de *serapilheira* foram feitas as dosagens de carbono, por via seca, usando o aparelho "Leco", e as de nitrogênio pelo processo de Kjeldahl. Efetuou-se, também, o fracionamento da matéria orgânica pelo método de Waksman e Stevens, alterado em certos detalhes.

2.2.1 - FRACIONAMENTO DA MATÉRIA ORGÂNICA

O método de Waksman e outros (16, 17, 18), no fracionamento da matéria orgânica, apresentou algumas dificuldades que exigiram modificações baseadas em diversos autores e experiências próprias. O método modificado e utilizado no presente trabalho é o que segue:

Extração com éter — Tratamento, num extrator de Soxhlet, com éter sulfúrico, durante 24 horas, de 15-20 gramas de serapilheira cujo teor de umidade foi determinado a 105-110°C; concentração do extrato, transferência do concentrado para cápsula tarada, secagem ao ar, e, na estufa, a 105-110°C, até peso constante e calcinação; determinação do extrato total, matéria orgânica e cinzas, referindo-se a 100 g de serapilheira e também em percentagem da matéria orgânica total na serapilheira. São, assim, extraídas as cêras e gorduras (18).

Extração com água fria — Transferência do material restante da extração com éter para um frasco de Erlenmeyer de 500 ml e adição de, mais ou menos, 250 ml de água destilada; permanência durante 24 horas com alguma agitação, filtração em papel de filtro, e lavagem com água destilada até completar o volume de 500 ml; tomada de alíquotas do filtrado para dosagem de matéria orgânica por calcinação, dosagem do nitrogênio pelo processo de Kjeldahl, e determinação de açúcares redutores. Para a perda ao rubro, transferência da alíquota para cápsula tarada, secagem em banho-maria, na estufa a 105-110°C, e calcinação; cálculo do extrato total, cinzas, matéria orgânica solúvel, e referência a 100 g de serapilheira. Obtenção da percentagem do nitrogênio, nesta fração, em 100 g da serapilheira, e também em percentagem do nitrogênio total nela existente. São extraídos carboidratos simples e seus derivados, vários amino-ácidos e peptídeos (18).

Extração com água quente — Transferência do resíduo da última extração, quando úmido, (seco impregna o papel de filtro tornando difícil a sua remoção), por meio de jactos de água destilada, para um Erlenmeyer de 500 ml, até um volume de, mais ou menos, 250 ml; fervura, sob refluxo, durante 3 horas; filtração a quente, em papel de filtro, lavagem com água quente até um volume de, mais ou menos, 450 ml, resfriamento para completar o volume de 500 ml. Em alíquotas do filtrado, é feita a dosagem da matéria orgânica por calcinação, nitrogênio total, e açúcares redutores. Calculam-se os outros resultados da mesma maneira que na fração anterior. São extraídos amido, algumas pectinas, certas hexosanas, e vários compostos nitrogenados (18).

Extração com álcool — Transferência do resíduo para cápsula com pisseta, secagem em banho-maria, moagem do material e secagem em estufa a 105-110°C. Este processo é usado porque, se o material secar no papel de filtro, se perde muito, além de haver o perigo da contaminação da amostra pela celulose do papel. É feita a pesagem do material que secou na estufa, transferência para Erlenmeyer de 50 ml, adição de 150 ml de álcool etílico, e tratamento durante 3 horas, em banho-maria, sob refluxo; faz-se a filtração a quente em papel de filtro, lavagem com álcool etílico a quente, concentração e secagem em cápsula tarada, secagem na estufa a 105-110°C e calcinação. Calcula-se a percentagem da fração, extraída da serapilheira seca a 105-110°C, pela fórmula:

$$\text{percentagem de extrato alcoólico total} = \frac{(100 - (a + b + c)) d}{p}$$

onde *a* corresponde à percentagem total do extrato etéreo, *b* à percentagem do extrato total com água fria, e *c* à percentagem do extrato total com água quente, *d* ao peso do extrato obtido do tratamento com álcool etílico, *p* o peso da serapilheira (resíduo) que entrou em extração alcoólica. A partir desta percentagem, efetuar o cálculo da matéria orgânica extraída e cinzas, sobre 100 g de serapilheira em percentagem da matéria orgânica total da mesma.

Extração com ácido clorídrico diluído a 2% em peso — Secagem na estufa, a 105-110°C, do resíduo da extração alcoólica seco ao ar: faz-se a pesagem, transferência para Erlenmeyer de 750 ml, adição de 350 ml de HCl a 2% em peso, e fervura, sob refluxo, durante 5 horas. Para poder calcular a fração extraída neste tratamento, filtra-se em algodão de vidro tarado e lava-se com água destilada até não mais sair HCl. Passar o resíduo, com jactos de água, para cápsula de vidro tarada, secagem em banho-maria e na estufa. Calcula-se, com estes dados, a percentagem extraída, empregando a fórmula acima, acrescida, ainda, da fração alcoólica. Esta percentagem permite calcular a extração seguinte, com H₂SO₄. Completa-se o filtrado a 1 litro, e dosa-se em alíquotas o nitrogênio e as hemiceluloses pelos seus produtos de hidrólise (açúcares redutores). Multiplica-se o resultado obtido na dosagem dos açúcares redutores por 0,9 que dará a quantidade de hemiceluloses, referindo-se a 100 g de serapilheira, e, também, em percentagem da matéria orgânica total da mesma. Refere-se o resultado da dosagem do nitrogênio em percentagem do nitrogênio total, multiplica-se aquele resultado por 6,25, e relaciona-se com 100 g de serapilheira e, também, à matéria orgânica total. Chamar a estes compostos nitrogenados do grupo das proteínas como “proteínas solúveis em ácidos diluídos”.

Extração com H₂SO₄ a 80% em peso — Eliminação do algodão de vidro do resíduo anterior, secagem a 105-110°C, com pesagem e transferência para Erlenmeyer de 750 ml. O material é tratado com 30-40 ml de H₂SO₄ a 80% em peso, durante 2,5 horas a frio, em banho de água, e, depois, é diluído 15 vezes (450-600 ml), com água destilada, e fervido durante 5 horas, sob refluxo; resfria-se e filtra-se em funil com algodão de vidro tarado, com lavagens de água destilada até não sair mais H₂SO₄. Todo o resíduo da extração sulfúrica, com lavagens, é passado para cápsula de vidro tarada, seco em banho-maria e na estufa a 105-110°C. Pesa-se a cápsula e calcula-se a percentagem de extração deste tratamento pela fórmula já conhecida, e referida a 100 g de serapilheira.

O filtrado é completado a 1 litro e dele se retiram alíquotas convenientes onde se dosam os açúcares redutores. O resultado é multiplicado por 0,9 cujo produto representa a celulose. Refere-se a quantidade de celulose a 100 g de serapilheira e em percentagem de matéria orgânica da mesma. Em outra alíquota do filtrado, dosa-se o nitrogênio, e refere-se a 100 g de serapilheira e ao nitrogênio total. Multiplica-se o resultado referido a 100 g de serapilheira por 6,25 para obter “proteínas solúveis em ácidos concentrados” e expressa-se em percentagem de matéria orgânica total da serapilheira.

Resíduo final — A percentagem do resíduo final na serapilheira é calculada pela fórmula exposta na extração com álcool, com adição das percentagens das frações alcoólicas, de ácido diluído e ácido concentrado. Dosa-se no resíduo final de todas as extrações a perda de umidade 105-110°C, perda ao rubro, carbono e nitrogênio total. Multiplica-se a quantidade de nitrogênio por 6,25 e refere-se a 100 g de serapilheira como “proteína bruta”. Refere-se também a quantidade de nitrogênio em percentagem do nitrogênio total da serapilheira. A perda ao rubro fornecerá lignina mais proteína bruta e daí se calculam ambas. O carbono, no caso de se tratar de solo, fornecerá a lignina segundo a fórmula de Waksman (17).

Dosagem dos açúcares redutores — Pelo método original de Waksman e Stevens (16, 17), a dosagem dos açúcares redutores se processava pelo método de Bertrand ou outro método conveniente. As dificuldades encontradas na dosagem dos açúcares redutores pelo processo de Eynon e Lane (2) foram de duas ordens: a) na alcalinização dos extratos sempre havia precipitados cuja filtração retinha açúcares redutores; tal fenômeno não foi assinalado por Waksman (16, 17), que mandava filtrar e, no filtrado, dosar os açúcares redutores; b) muitas vezes o volume do extrato a ser empregado ultrapassava em muito os 50 ml estabelecidos no método de Eynon e Lane. As modificações empregadas por Shewan (13) e Ashworth (3), para essas dosagens, deram bons resultados, e, por isso, adotadas como segue:

Alcalinizam-se alíquotas de 20-50 ml com NaOH a 5% contra o indicador bromocresol púrpura, adicionam-se 10 ml da mistura das soluções de Eynon e Lane (2), ferve-se durante 1 minuto, adicionam-se 3 gotas de azul de metileno a 1% e titula-se o excesso de licor dois minutos subsequentes, contra glicose padrão 0,25%. Nas titu-

lações posteriores do mesmo material, adiciona-se glicose padrão até 0,5-1 ml próximo do ponto final determinado na primeira dosagem e repetem-se as dosagens até serem precisas. Titula-se o licor de Fehling pelo padrão de glicose. Usa-se a glicose pura do comércio, tendo como comparação o padrão segundo A.O.A.C. (2). Utilizar, nas titulações, sempre os mesmos volumes.

2.3 - COLETA DAS AMOSTRAS DE SERAPILHEIRA

As amostras de serapilheira foram coletadas nas proximidades dos perfis descritos no levantamento pedológico da Estação Experimental de Pindorama (10). Para a retirada da amostra, demarcou-se no terreno uma área com 0,5 m de lado e, com uma pá reta, cortaram-se os lados do retângulo, eliminando a vegetação existente. Cuidadosamente, foram separadas as camadas *L*, *F* e *H*. Para a separação das camadas surge o fator pessoal, porque não existem limites nítidos entre elas.

As camadas *F* e *H*, em geral, não foram separadas, pois a decomposição nestes solos é muito rápida, obtendo-se somente *L* e *F*.

As camadas coletadas separadamente foram trazidas para o laboratório e secas ao ar. Os constituintes maiores foram separados manualmente e, os menores, por peneiras de 4 e 2 mm. Esta operação foi necessária porque o moinho utilizado não tinha capacidade de moer toda a amostra e, como a análise exige uma subamostra homogênea, bastava moer partes proporcionais dos constituintes separados da maneira acima explicada. No material moído foi calculada a perda de umidade a 105-110°C, perda ao rubro para determinar a percentagem do material orgânico, e nitrogênio total. Para o fracionamento da matéria orgânica, tomou-se uma subamostra do material moído, representativo de cada uma das camadas.

2.4 - DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS COLETADAS

Os solos das matas de Pindorama podem ser estudados no levantamento pedológico da Estação Experimental (10), onde são encontradas as áreas das matas, os resultados das análises do solo, bem como outras informações de interesse. Para o estudo em aprêço, foram retiradas amostras de todas as matas que se localizam em vários pontos da Estação Experimental. Essas matas foram designadas pelas letras **A** a **D**, e, as amostras nelas retiradas, por números seguidos de 1 a 7.

2.4.1 - MATA A

A mata sob esta designação corresponde aos perfis 557, 559 e às amostras superficiais T 1986 e 1987 no levantamento pedológico de Pindorama. É mata primária, exposta a lenhadores furtivos, pois é atravessada por estrada de rodagem. Segundo informações obtidas, o seu solo não é tão produtivo quanto os da mata aqui denominada pela letra **C**. Não foram encontrados sinais de destruição, quer pelo fogo, quer pela extração de madeiras de lei. Foram retiradas duas amostras, a saber:

Amostra 1 — Esta amostra foi coletada próximo ao perfil 557; nela se distinguiram apenas duas camadas, *L* e *F*. A primeira camada possuía muita casca de peroba, fôlhas, galhos, etc., quase sem decomposição, ao passo que a camada *F* se apresentava muito decomposta e misturada com o solo. Não foi possível fazer a separação de *F* e *H*. A camada *F* possuía muitas raízes de árvores que totalizaram 7,8% de tôda a camada, incluindo-se a parte mineral. O aparecimento de raízes, na superfície, provavelmente em busca de água e alimentos, era bastante grande; na fração predominavam os conglomerados produzidos pelas minhocas.

Amostra 2 — Foi coletada próximo ao perfil 559. Esta amostra se apresentou com as mesmas características que a anterior, sòmente não se encontrando as cascas de peroba. Só foi possível separar as camadas *L* e *F*.

2.4.2 - MATA B

Na mata que recebeu esta denominação, foram retirados os perfis 539, 540, 554 e as amostras superficiais T 1903, 1904, 1946 e T 1958. Está nas mesmas condições que a mata com a designação **A**, exceto quanto à retirada da madeira, porque se situa em local isolado, sem perigo de devastações. A mata é primária, com solos bons para culturas. Sua altitude é de 525 m, com topografia irregular. Foram retiradas duas amostras:

Amostra 3 — Coletada próximo ao perfil 539, apresentou-se com duas camadas *L* e *F*. A serapilheira em fermentação possuía grande número de raízes de árvores, e os mesmos conglomerados produzidos pelas minhocas.

Amostra 4 — Foi retirada perto do perfil 554. As indicações seguem, em linhas gerais, as anteriores, com duas camadas *L* e *F*. Na serapilheira em fermentação eram poucas as raízes, mas os conglomerados produzidos pelas minhocas eram numerosos.

2.4.3 - MATA C

A mata com esta designação, correspondem os perfis 534, 546, 547 e amostras superficiais T 1905, 1906 e 1954 do levantamento assinalado. É a melhor mata da Estação Experimental de Pindorama. Há mais ou menos 15 anos, a parte norte incendiou-se (perfil 546) e, por isso, não foram ali tiradas amostras. O solo é ótimo para culturas, e de topografia um pouco irregular. Coletaram-se duas amostras:

Amostra 5 — Foi retirada junto ao perfil 534, cota 558 m. O terreno é em leve declive e a serapilheira possuía três camadas: *L*, *F* e *H*. A descrição é a mesma da amostra número 6.

Amostra 6 — Obteve-se esta amostra próximo ao perfil 547, num solo com 10% de declividade. Constataram-se as três camadas *L*, *F* e *H* em lugar de apenas duas, *L* e *F*, como era de esperar. A serapilheira não decomposta possuía muitos galhos, fôlhas, etc.; a serapilheira em

fermentação estava sendo atacada por fungos e outros organismos, achando-se entremeadada de raízes das árvores. A presença dos fungos nesta fração é que determinou a distinção entre *F* e *H*. A serapilheira humificada (*H*) apresentou-se muito decomposta e misturada com bastante solo. Os conglomerados produzidos pelas minhocas abundavam nesta camada.

2.4.4 - MATA D

A mata com essa designação não pertence à Estação Experimental, constituindo terreno de uma propriedade vizinha. Foi estudada porque os solos são pobres e secos, contendo uma cobertura vegetal conhecida pelo nome de "cerradão". Situa-se perto da amostra superficial T 2000. Não se pode afirmar que seja primária e, por isso, tirou-se uma única amostra (amostra 7). Houve distinção entre *L* e *F*, sendo que a última não apresentou conglomerados de minhocas, nem muitas raízes.

3 - RESULTADOS OBTIDOS

Estudou-se a maneira de dosar a matéria orgânica total, a riqueza orgânica das matas e o fracionamento da serapilheira.

3.1 - DETERMINAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA POR CALCINAÇÃO

A melhor maneira de exprimir a matéria orgânica do solo consiste em multiplicar o teor de carbono por 1,724. Este fator representa a

QUADRO 1.—Comparação da matéria orgânica da serapilheira obtida por perda ao rubro, e pela multiplicação do carbono por 1,724, expressos em 100 g de serapilheira seca a 105-110°C

Amostra número	Camada L		Camada F		Camada H	
	C x 1,724	P. rubro	C x 1,724	P. rubro	C x 1,724	P. rubro
	%	%	%	%	%	%
1 -----	86,95	89,22	39,95	46,47	-----	-----
2 -----	69,72	73,95	23,42	26,54	-----	-----
3 -----	50,88	51,72	25,37	27,40	-----	-----
4 -----	69,72	73,95	23,42	26,54	-----	-----
5 -----	70,52	71,79	43,55	46,88	17,97	20,11
6 -----	53,54	57,33	66,61	70,72	17,50	19,41
7 -----	83,19	85,96	26,06	30,16	-----	-----

relação das substâncias humificadas para o conteúdo de carbono, na qual ele entra na proporção de 56-58%. No caso da serapilheira, a relação matéria orgânica para carbono é maior, e os resultados obtidos pela multi-

plicação serão menores que os teores realmente existentes. Como, em geral, a serapilheira tem pouco solo e, no caso especial do solo Arenito Bauru, contém pouca argila, os resultados de matéria orgânica obtidos por perda ao rubro parecem ser os mais indicados. No quadro 1 são apresentados os dados para a comparação entre as duas maneiras de obter a matéria orgânica.

Esses dados confirmam os trabalhos de Lunt (8), segundo os quais, o fator 1,724 é muito baixo para a serapilheira. Esse autor usa outros fatores, que são, por exemplo: para a liteira, 1,89, e para a serapilheira em fermentação, 1,85. É preferível expressar a matéria orgânica obtida por perda ao rubro, apesar de Waksman (15) só achar recomendável quando o teor mineral estiver abaixo de 10%.

3.2 - RIQUEZA DA MATÉRIA ORGÂNICA DA SERAPILHEIRA

Como já se mencionou, as amostras de serapilheira foram retiradas o mais próximo possível dos perfis de solo do levantamento da Estação Experimental de Pindorama (10). Os dados do quadro 2 foram obtidos relacionando a riqueza de matéria orgânica da serapilheira com a dos perfis de solo que lhe estão próximos. Nesse quadro, o teor de matéria orgânica do solo foi obtido pela multiplicação do fator 1,724 pela quantidade de carbono do solo e transformando-se para o peso de solo em um hectare. Calculou-se que um hectare de solo, com massa específica aparente de 1,34 e na profundidade de 30 cm, tem cerca de 4.150 toneladas de peso.

QUADRO 2. — Quantidade de matéria orgânica da serapilheira e do solo, em toneladas por hectare, até 30 cm de profundidade, na Estação Experimental de Pindorama

Designação das matas	Serapilheira (Horizonte A ₀₀ mais A ₀)		Perfil (Camada a)	
	Número das amostras	Quantidade de matéria orgânica	Número do perfil	Quantidade de matéria orgânica
		t/ha		t/ha
A	1	49,00	557	50,97
	2	23,74	559	57,25
B	3	61,20	539	43,29
	4	42,13	554	33,51
C	5	26,83	534	62,14
	6	33,05	547	50,56
D	7	15,12	T2000 (1)	47,48

(1) Amostra superficial

O número de coletas é pequeno para dar boa idéia da riqueza em matéria orgânica dessas matas, mas os resultados indicam que a existente na serapilheira oscila da metade até igual quantidade de matéria orgânica da camada *a* do solo. Estes solos são pobres em matéria orgânica, o que indica a sua rápida decomposição (10). Serão eles, talvez, os mais pobres em matéria orgânica dentre os tipos de solos cultiváveis encontrados no Estado. A destruição pelo fogo, dos restos vegetais após a derrubada das matas, e dos restos de culturas, constitui grave prejuízo para a fertilidade desses solos. Em se tratando de mata, além das perdas minerais, há, ainda, a destruição de quase a metade da matéria orgânica que se encontra na camada *a* do solo, a qual, senão fôsse destruída, reteria as substâncias minerais e impediria o arrastamento destas pela água de percolação. A própria matéria orgânica poderia perdurar no solo, visto que a parte destruída ainda não está decomposta e requer muito tempo para sofrer os fenômenos de destruição. Por conseguinte, a fertilidade do solo teria maior duração.

Seria, também, de interesse verificar a quantidade da fração nitrogenada existente na serapilheira e na camada *a* do solo. No quadro 3 estão reunidos os cálculos referentes às quantidades de nitrogênio existentes na serapilheira e na camada *a* do perfil mais próximo ao local de onde se retiraram as amostras de serapilheira.

QUADRO 3.—Quantidade de nitrogênio, em toneladas por hectare, na serapilheira seca a 105-110° C, e na camada *a* (até 30 cm de profundidade) do solo Arenito Bauru de Pindorama.

Designação das matas	Serapilheira (Horizonte A ₀₀ mais A ₀)		Perfil (Camada <i>a</i>)	
	Número das amostras	Quantidade de matéria orgânica	Número do perfil	Quantidade de matéria orgânica
		t/ha		t/ha
A ----- {	1-----	0,592	557-----	2,349
	2-----	1,115	559-----	2,876
B ----- {	3-----	1,468	539-----	1,985
	4-----	1,087	554-----	1,763
C ----- {	5-----	0,718	534-----	3,019
	6-----	0,682	547-----	2,249
D -----	7-----	0,447	T2000----	1,620

Os dados do quadro 3 mostram que a serapilheira contém menor quantidade de nitrogênio do que a camada *a* do solo. Comparando-se a relação nitrogênio da serapilheira para o nitrogênio do solo, com a mesma relação da matéria orgânica total nessas duas camadas, nota-se que as perdas por decomposição da matéria orgânica nitrogenada são menores que as da não nitrogenada. Este fenômeno é conhecido e mais uma vez confirmado.

3.3. - FRACIONAMENTO DA MATÉRIA ORGÂNICA DAS DIFERENTES CAMADAS

Há inúmeros fatores atuando na decomposição da serapilheira, tais como o clima, o solo, a altitude, a atividade microbiana, etc. Esta parte do trabalho visa estudar a serapilheira submetida a todos os fatores locais que determinam o tipo de decomposição nas matas de Pindorama. Os resultados do fracionamento das camadas retiradas das matas é apresentado no quadro 4. As diferentes extrações estão calculadas em função da matéria orgânica total, obtida por perda ao rubro. A lignina não foi obtida pela fórmula de Waksman, porque esta apresentou resultados muito altos, o que é razoável visto ser a relação substância orgânica para carbono mais baixa na lignina que nas outras frações.

Pelos dados do quadro 4, a fração solúvel no éter, cêras e gorduras, diminui da camada *L* para a camada *F* ou *H*. Isto indica uma decomposição, mais ou menos rápida, dessa fração, pelos microrganismos do solo, o que contrapõe, de certo modo, a Waksman (5, 6) que acha ser esta fração de decomposição vagarosa, podendo, portanto, acumular no solo.

Com referência às frações solúveis na água fria e quente, na maioria dos casos elas se mantiveram proporcionais nas diferentes camadas. Houve exceção quando existiram as três camadas, *L*, *F* e *H*, onde se verificou o aumento da fração solúvel em água fria e quente, na serapilheira em fermentação. Estas substâncias, que são as mais facilmente decomponíveis (18), e, portanto, deveriam diminuir nas camadas inferiores, persistem através da serapilheira. Explica-se a sua existência nas camadas mais inferiores, por serem produtos da atividade microbiana na decomposição das substâncias orgânicas. Aceitando-se esta hipótese, torna-se claro o aumento dessa fração que se nota na camada *F*, quando se encontrou a camada *H*, e a constância da sua percentagem em todas as camadas dos horizontes orgânicos quando existem só as camadas *L* e *F*.

A fração solúvel no álcool — resinas e pectinas — tem a tendência de permanecer mais ou menos constante dentro das camadas de serapilheira, indicando uma resistência à decomposição pelos microrganismos. O fato, porém, de não se acumular, é indício de sua destruição.

As hemiceluloses diminuem nas camadas inferiores da serapilheira. Como constituem a fonte de energia para os microrganismos, é natural que isso ocorra. O mesmo se passa com as celuloses.

Com referência à lignina, esta se decompõe como qualquer outra fração. Segundo Waksman (18), sua destruição é lenta, com acúmulo no solo, onde forma, juntamente com a proteína, os complexos húmicos. A pequena quantidade de matéria orgânica encontrada nos solos Arenito Bauru se explica, portanto, pela grande decomposição da lignina proveniente dos restos vegetais depositados pela vegetação. A rápida destruição da lignina não é desconhecida, pois Phillips e outros (11) acharam que, em condições adequadas, ela se decompõe como a celulose. Estas condições devem prevalecer nas matas de Pindorama e, provavelmente, nos solos do Arenito Bauru.

QUADRO 4. — Percentagens das diversas frações de matéria orgânica, na matéria orgânica total calculada pela perda ao rubro

Amostra		Percentagem das frações de matéria orgânica obtida com vários tratamentos											
Mata	Número	Camada	Éter (Céras e gorduras)	Água		Alcool (Resinas, etc.)	HCl a 2%		H ₂ SO ₄ a 80%		Resíduo		Total extraído
				Fria (Carboidratos, etc.)	Quente (Amido, etc.)		Hemi-celulose	Prot. sol. ácidos diluídos	Celulose	Prot. sol. ácidos conc.	Lignina	Proteína bruta	
			%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
A-----	1 -- {	L -----	2,56	4,01	3,54	0,75	18,28	4,45	15,84	1,29	31,14	4,63	86,49
		F -----	1,59	3,95	3,50	1,65	13,76	5,09	13,18	1,89	32,37	4,90	81,88
	2 -- {	L -----	2,10	3,90	3,64	0,74	11,47	3,29	14,89	1,98	35,17	4,77	81,89
		F -----	1,60	3,72	3,42	1,08	11,27	6,43	6,43	3,09	34,98	5,02	77,04
B-----	3 -- {	L -----	2,55	3,78	4,75	1,27	12,63	4,70	10,46	2,25	32,49	4,05	78,93
		F -----	1,50	2,35	4,61	1,04	11,17	4,97	7,94	2,10	28,33	4,91	68,92
	4 -- {	L -----	1,96	3,20	3,02	0,95	12,40	3,27	16,78	1,88	35,90	4,21	83,57
		F -----	1,39	2,89	3,53	1,29	8,48	5,49	7,41	3,16	28,23	10,00	71,87
C-----	5 -- {	L -----	1,49	3,00	3,23	0,94	15,54	4,69	15,46	0,84	37,19	5,05	87,44
		F -----	1,11	2,68	4,87	0,98	11,19	6,54	9,36	1,62	33,62	6,36	78,33
	6 -- {	H -----	1,30	0,53	7,09	0,95	10,13	6,70	9,22	3,54	32,45	6,43	78,34
		L -----	2,08	2,85	3,30	1,06	12,45	5,40	9,43	2,76	40,50	5,94	85,77
D-----	7 -- {	F -----	1,84	3,32	7,40	1,07	13,90	7,63	4,97	1,96	31,59	6,00	84,68
		H -----	1,46	3,57	4,38	1,39	10,67	7,96	6,50	3,69	29,20	6,53	75,35
	8 -- {	L -----	2,71	3,97	3,28	0,92	16,13	4,22	15,97	2,67	38,83	5,70	94,41
		F -----	2,11	3,68	3,64	1,15	13,02	6,57	5,83	4,08	40,85	6,15	87,08

Quadro 5.—Percentagens de nitrogênio obtidas no fracionamento da matéria orgânica, em relação ao nitrogênio total, nas amostras de serapilheira do solo arenito Bauru

Amostra			Percentagem de nitrogênio nas diferentes frações obtidas pelo fracionamento da matéria orgânica					
Mata	Número	Camada	Água		HCl a 2% (Proteínas sol. ácidos dil.)	H ₂ SO ₄ a 80% (Proteínas sol. ácidos conc.)	Resíduo (Proteína bruta)	Total extraído
			Fria (Aminoácidos e peptídeos)	Quente (Vários compostos nitrogenados)				
A	1	L	10,3	6,8	36,8	11,4	36,5	101,8
		F	6,5	5,1	35,8	14,6	36,7	98,7
	2	L	8,0	6,6	26,1	15,2	38,0	93,9
		F	6,9	6,4	37,3	17,8	29,7	98,1
B	3	L	8,7	6,6	35,0	15,1	29,0	94,4
		F	5,1	5,9	37,2	14,1	35,4	97,7
	4	L	7,8	4,3	29,0	16,7	38,5	96,3
		F	4,1	4,1	29,1	16,8	53,0	107,1
C	5	L	6,9	3,8	33,8	16,1	41,0	101,6
		F	7,5	7,0	34,8	12,6	32,9	94,8
	6	H	2,5	10,0	41,2	18,1	32,4	104,2
		L	6,8	4,6	37,4	14,2	36,7	99,7
D	7	F	15,2	10,8	43,5	7,1	26,9	103,5
		H	5,6	4,5	41,2	16,7	31,3	99,3
	8	L	8,7	5,0	29,0	18,4	39,2	100,3
		F	7,0	4,9	35,2	21,9	33,0	102,0

Outro fator, a ser deduzido do estudo ora efetuado, diz respeito às percentagens totais extraídas pelo método de fracionamento de Waksman, que diminuem na camadas inferiores dos horizontes orgânicos. A explicação seria que, nas camadas *F* e *H*, se processam decomposições e sínteses de novas substâncias que não entram nas categorias dadas por êsse método de fracionamento, ou, então, porque a parte mineral das camadas inferiores prejudica as dosagens.

No quadro 5 figuram as diversas frações nitrogenadas, segundo as camadas que constituem a serapilheira. Os dados foram obtidos no fracionamento da matéria orgânica pelo processo de Waksman, onde o nitrogênio foi determinado pelo método de Kjeldahl e relacionado com o nitrogênio total da amostra de serapilheira.

Pelo exposto no quadro 5, a fração nitrogenada solúvel em água fria, diminui da camada *H* para a *F*. A maior percentagem se apresenta na serapilheira em fermentação (quando a mata possui as três camadas), indicando a libertação de nitrogênio solúvel em água fria quando os restos vegetais entram em fermentação. O nitrogênio da fração solúvel em água quente tem tendência para permanecer com o mesmo teor, aumentando na serapilheira em fermentação.

O nitrogênio das frações solúveis em ácidos diluídos e concentrados se acumula à medida que a matéria orgânica se decompõe, indicando serem produtos da atividade microbiana. A parte insolúvel permanece mais ou menos constante.

Em conclusão, há uma concentração de fração nitrogenada protéica no solo, porém, não oriunda diretamente das plantas, mas indiretamente, como produto da atividade microbiana. Essa afirmação se baseia no aumento das frações solúveis nos ácidos.

QUADRO 6. Quantidade aproximada de nitrogênio, em toneladas por hectare, nas diversas camadas da serapilheira e dos perfis da Estação Experimental de Pindorama

Camada	Amostra 2 e perfil 559	Amostra 4 e perfil 554	Amostra 6 e perfil 547
	t/ha	t/ha	t/ha
<i>L</i> -----	0,17	0,19	0,11
<i>F</i> -----	0,95	0,91	0,86
<i>H</i> -----			0,41
<i>a</i> -----	3,83*	3,11**	3,18*
<i>b</i> -----	2,05*	1,62**	1,35*
<i>c</i> -----	1,42***	1,55**	2,65***

*Profundidade de 40 cm. **Profundidade de 50 cm. ***Profundidade de 70 cm.

Para completar os dados da distribuição do nitrogênio nos perfis, foi elaborado o quadro 6. As serapilheiras, como já foi assinalado, não pertencem aos perfis e foram coletadas próximo a êles. Neste quadro,

porém, foram supostas como pertencendo aos respectivos perfis. No quadro 6, a distribuição do nitrogênio é expressa em toneladas por hectare, sendo que a quantidade para o solo foi calculada na profundidade ali indicada.

Pelo exposto, o nitrogênio se concentra no solo em diversas formas protéicas; é resistente à decomposição, porém seu grau de resistência é desconhecido (17).

Como tudo indica, neste solo há uma destruição rápida de matéria orgânica, que é ainda ressaltada pela relação C/N, nas diversas camadas de serapilheira, exposta no quadro 7.

QUADRO 7.—Relação C/N nas camadas de serapilheira e solo, nas matas da Estação Experimental de Pindorama

Camada	Relação C/N		
	Amostra 2 e perfil 559	Amostra 4 e perfil 554	Amostra 6 e perfil 547
<i>L</i> -----	28,42	30,29	20,90
<i>F</i> -----	17,51	17,44	17,56
<i>H</i> -----			16,66
<i>a</i> -----	11,55	10,43	13,73
<i>b</i> -----	13,68	17,07	16,40
<i>c</i> -----	18,67	17,22	11,43

A relação C/N cai bruscamente da camada *L* para a camada *H*. Segundo o trabalho de Morgan e Lunt (9), a variação da relação C/N é de 1:29 para a camada *L* até 1:20 para o horizonte *C* no tipo "podsol", e de 1:33 para a camada *L* até 1:15 no "mull". O tipo "mull" não apresenta a camada *H*, como em geral foi encontrado neste trabalho, porém a decomposição nos tipos estudados parece ser muito mais elevada.

Interessante é a elevada relação C/N nas camadas *b* e *c*, devido, talvez, à fração solúvel em água, que, arrastada para aqueles horizontes, lá permanece sem se decompor.

RESUMO

No estudo da serapilheira nos solos de mata do Arenito Bauru foram feitas as seguintes observações:

Elaborou-se uma nomenclatura específica, dada a carência de termos técnicos em português, para denominar as diferentes camadas que constituem os horizontes orgânicos das matas.

A matéria orgânica nos horizontes A_{00} e A_0 foi determinada pelo processo de perda ao rubro e não pela multiplicação do teor de carbono por 1,724, porque, na serapilheira, este último processo conduz a resultados menos exatos.

Apesar de não coincidirem exatamente as coletas de serapilheira com a dos perfis do levantamento pedológico já efetuado anteriormente no local, a sua associação permitiu esboçar o estado da matéria orgânica nestes solos. A quantidade de matéria orgânica da serapilheira oscila entre 1/2 a 1 da quantidade contida nos primeiros 30 cm do solo (camada *a*). O emprêgo do fogo para eliminar os restos vegetais das matas recém-derrubadas ou dos restos de cultura, é prática condenável em qualquer tipo de solo, mas, neste, assume aspecto ainda mais grave.

Pelo estudo do fracionamento da matéria orgânica das diferentes camadas, constatou-se decomposição muito intensa, mesmo para a lignina, que é a base das substâncias humificadas. Como o levantamento pedológico já havia indicado, estes solos são pobres em substâncias orgânicas, mesmo no início da sua exploração agrícola.

O estudo do fracionamento das substâncias nitrogenadas indica um enriquecimento do nitrogênio protéico, quando comparado com a matéria orgânica total. Deve haver perdas de nitrogênio, porém, muito menores que as das substâncias não nitrogenadas. A concentração, das frações nitrogenadas, à medida da evolução da matéria orgânica, é muito grande, caindo a relação C/N de, aproximadamente, 21-30 na camada *L* a 10-14 na camada *a*.

SUMMARY

The results of the study of a forest floor of *Arenito Bauru* Soil are summarized as follows:

The organic matter content of A_{0-10} and A_1 horizons was determined by the loss on ignition method. The determination of the total carbon by the dry combustion method and subsequent calculation of the organic matter by the factor 1.724 was found to be inadequate, judging from the low results obtained.

Organic matter content of the forest floor of *Arenito Bauru* Soil is from 50 to 100% of that found in the first 30 cm of the soil mass, indicating a rapid decomposition of the same in the soil profile.

Although Waksman (15) showed that lignin is the organic compound most resistant to the attack by the soil microorganisms, it was found that working with a soil from a different climatic region, lignin decomposes as quickly as all the other soil organic fractions. Therefore, concerning the fractionation of organic matter and the resistance of the compounds thus obtained to the decomposition by microorganisms, the idea was advanced of an approximately equal rate of decomposition for all the fraction for this soil type with the exception of the nitrogen compounds and water extract compounds.

The fractionation of organic nitrogen compounds indicates enrichment of protein content in the soil with depth. It was determined that the losses of non nitrogen constituents were higher than those of nitrogen compounds. The accumulation of the latter in the soil takes place in the form of protein and related compounds.

The C/N ratio falls from 20 — 30 in the *L* layer to 10 — 14 in the layer *a* rising in *b* and *c* layers, which shows a definite washing of non nitrogen organic compounds into these horizons.

LITERATURA CITADA

1. Alway, F. J. e outros. Composition of the forest floor layers under different forest types on the same soil type. *Soil Sci.* **36**: 387-398. 1933.

2. A.O.A.C. *Em* Methods of Analysis, pág. 570, 6.^a ed. A.O.A.C. Washington 4, D. C., 1945.
3. Ashworth, M. R. F. Fractionation of the organic soils and its relation to their quality. *Resumo em Analyst* **68**: 61. 1943.
4. Franco, A. e outros. Comissão Permanente de Terminologia da Soc. Bras. Ciência do Solo. Publ. esparsa, pág. 5, mimeografado, Rio de Janeiro, 1949.
5. Gysel, L. W. The forest humus layers of Ohio. *Soil Sci.* **60**: 197-217. 1945.
6. Heiberg, S. O. e R. F. Chandler Jr. A revised nomenclature of forest layers for the northeastern United States. *Soil Sci.* **52**: 87-99. 1941.
7. Joffe, J. S. Russian studies on soil profiles. *Jour. Amer. Soc. Agron.* **24**: 33-57. 1932.
8. Lunt, H. A. The carbon-organic matter factor in forest soil humus. *Soil Sci.* **32**: 27-33. 1931.
9. Morgan, M. F. e H. A. Lunt. The role of organic matter in the classification of forest soils. *Jour. Amer. Soc. Agron.* **24**: 655-662. 1932.
10. Paiva Neto, J. E. e outros. Estudo pedológico da Estação Experimental de Pindorama. Apresentado à II Reunião Brasileira de Ciência do Solo (não publicado).
11. Phillips, M. e outros. The decomposition of lignified materials by soil microorganisms. *Soil Sci.* **30**: 383-390. 1930.
12. Pittmans, D. W. A proposed descriptive symbolism for soil horizons. *Jour. Amer. Soc. Agron.* **24**: 931-933. 1932.
13. Shewan, J. M. The proximate analyses of the organic constituents in northeast Scottish soils, with some notes on the methods. *Jour. Agr. Sci.* **28**: 324-345. 1938.
14. Silva Teixeira, A. J. Glossário da Pedologia. *Rev. Agronomia (Lisboa-Portugal)* **35**: 95-127. 1947.
15. Waksman, S. A. *Em* Humus, pág. 212 a 230, 1.^a ed. The Williams & Wilkins Comp., Baltimore, 1936.
16. Waksman, S. A. e K. R. Stevens. A system of proximate chemical analysis of plant materials. *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.* **2**: 167-173. 1930.
17. Waksman, S. A. e K. R. Stevens. A critical study of the methods for determining the nature and abundance of soil organic matter. *Soil Sci.* **30**: 97-116. 1930.
18. Waksman, S. A. e F. G. Tenney. The composition of natural organic materials and their decomposition in the soil: I. Methods of quantitative analysis of plant materials. *Soil Sci.* **24**: 275-283. 1927.
19. Waksman, S. A. e F. G. Tenney. The composition of natural organic materials and their decomposition in the soil: II. Influence of age of plant upon the rapidity and nature of its decomposition on rye plants. *Soil Sci.* **24**: 317-333. 1927.
20. Wilde, S. A. *Em* Forest Soils and Forest Growth, pág. 10-13, 1.^a ed. *Chronica Bot. Comp.*, Waltham, U. S. A., 1946.

ADUBAÇÃO MINERAL PARA A BATATINHA — *SOLANUM TUBEROSUM* L.

INFLUÊNCIA DOS ELEMENTOS N, P E K EM SOLOS RICOS EM MATÉRIA
ORGÂNICA DO VALE DO PARAÍBA ⁽¹⁾

O. J. BOOCK, *engenheiro agrônomo, Seção de Raízes e Tubérculos*; A. KÜPPER, *Seção de Agroecologia, Instituto Agronômico de Campinas* e J. MOREIRA SALES, *Agrônomo Regional de Taubaté* ⁽²⁾

1 - INTRODUÇÃO

A capacidade de produção agrícola de um solo é resultante da ação conjunta da riqueza em elementos minerais e de suas propriedades físicas e biológicas. Dentre os elementos químicos exigidos pelas plantas sobressaem o nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, manganês, enxofre, ferro, etc. Convém, no entanto, salientar que não é a quantidade total desses elementos químicos existentes no solo que determina sua fertilidade, mas sim as quantidades desses elementos que se acham à disposição das plantas, em cada ciclo de vegetação. Como se sabe, as quantidades de elementos nutritivos assimiláveis pelas plantas existentes no solo, são constantemente modificadas por reações químicas e biológicas, sendo a totalidade desses processos e a sua intensidade, em conjunto, denominadas "atividade do solo". No que se refere às substâncias orgânicas, estas modificações são consequência, principalmente, da ação de microrganismos.

No Estado de São Paulo, existem solos de baixada, como os do Vale do Paraíba do Sul, que se caracterizam por elevadas quantidades de matéria orgânica e onde se efetuam grandes plantações de batatinha (*Solanum tuberosum* L.). Essas culturas são efetuadas, utilizando-se vários tipos de adubação mineral, em que também entra o elemento nitrogênio. Será de interesse saber se essas terras, tão ricas em nitrogênio total, necessitam de adubos nitrogenados. Foi, para isso, realizada uma série de experiências de adubação de batatinha em solos dessa região, a fim de esclarecer esse ponto.

2 - MOBILIZAÇÃO DO NITROGÊNIO NA MATÉRIA ORGÂNICA DAS BAIXADAS

Para esse estudo, utilizaram-se as terras marginais ao rio Paraíba, em Taubaté, onde se efetuaram os trabalhos experimentais. A época do plantio da batatinha, nessa região, difere completamente das épocas usuais

⁽¹⁾ Trabalho apresentado à III Reunião Brasileira de Ciência do Solo, realizada em Recife, de 16 a 30 de julho de 1951, e adaptado para *Bragantia*.

⁽²⁾ Deixamos consignados aqui nossos agradecimentos ao Eng.º Agr.º Herculano L. do Prado, chefe do Setor Agrícola de Taubaté, e aos Srs. Nicolau Surnin e Álvaro de Moura, pela colaboração prestada, e em cujas propriedades foram realizadas as nossas experiências.

QUADRO 1.—Identificação química e sua interpretação, e análise mecânica das amostras de terra nos. 583 de Capão Bonito e 1.154 de Taubaté (Vale do Paraíba)

Número da análise na Seção de Agrogeologia	Acidez int.	Teor total		Teor trocável por 100 g de solo seco a 110°C					Análise mecânica		
		C	N	PO ₄	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Mn ⁺⁺	Argila	Areia grossa	Areia fina + limo
583 — Capão Bonito -----	pH 5.34 (acidez média)	% 1.72 (teor alto)	% 0.119 (teor médio)	e. mg 0.30 (teor baixo)	e. mg 0.208 (teor médio)	e. mg 1.46 (teor baixo)	e. mg 0.81 (teor médio)	e. mg 0.031	% 16.0	% 21.0	% 63.0
1.154—Taubaté -----	4.65 (acidez elevada)	20.35 (teor alto)	0.780 (teor alto)	5.76 (teor alto)	0.332 (teor médio)	3.81 (teor médio)	1.21 (teor alto)	0.033	41.8	2.5	55.7

de cultivo dessa planta em outros pontos do Estado de São Paulo, devido ao fato de a elevação do nível das águas do rio Paraíba inundar as áreas de plantio. Por êsse motivo, não pode ser feita a plantação no chamado período "das águas" (plantio em agôsto-setembro e colheita em novembro-dezembro), e o da "sêca" (plantio em fevereiro-março e colheita em maio-junho). No vale do Paraíba, são feitas culturas de arroz no período que vai de outubro a abril, e somente após a colheita dêsse cereal e do preparo do terreno é que se pode plantar a batatinha e isto se dá em maio-junho. A cultura nessa época do ano permite a venda do produto quando há escassez no mercado, do que resulta alcançar melhor preço. Além disso, pela ótima localização do Vale, entre os dois maiores centros consumidores brasileiros — São Paulo e Rio de Janeiro — torna-se fácil a colocação do produto. Como os terrenos dêsse Vale são muito planos, torna-se possível a execução da irrigação por infiltração, que é feita com o auxílio de bombas, geralmente com a água do rio Paraíba ou de seus pequenos afluentes.

A análise dessas terras revela grande riqueza em matéria orgânica e em nitrogênio total. Isto se pode verificar comparando, no quadro 1, os resultados de uma análise de terra colhida próximo ao local das experiências com a de outra terra colhida em outra região de altitude mais elevada, em Capão Bonito, onde também se cultiva intensamente a batatinha.

Pelos dados do quadro 1, verifica-se que a amostra n.º 1.154, de Taubaté, revelou ser quase sete vezes mais rica em N total e quase doze vezes mais rica em C total do que a amostra 583, de Capão Bonito, onde a adubação nitrogenada reage menos do que a fosfatada, de acôrdo com as experiências realizadas.

2.1 - CONSIDERAÇÕES DE ORDEM GERAL

A simples eliminação do excesso de água dos solos de baixada permite melhorar as condições de vida dos microrganismos aeróbios e favorecer sua multiplicação com maior rapidez. Essa multiplicação será ainda mais intensa se fôr modificado, também, o índice de acidez, pela adição de corretivos e se forem acrescentados adubos químicos ou orgânicos.

Para o seu crescimento e multiplicação, as bactérias do solo, agentes da decomposição dos restos vegetais, usam o carbono como combustível (elemento energético) e o nitrogênio como material de construção para seu organismo e produção dos intrincados compostos orgânicos que resultam da sua atividade. Pela análise n.º 1.154, verifica-se que o terreno se caracteriza por grande quantidade de carbono (carbono $\times 1,72$ = matéria orgânica) em relação ao nitrogênio. Em outras palavras, apresentam uma alta relação C/N, ou, com referência às bactérias, uma alta relação combustível para material de construção. Como, pelo modo de formação desta matéria orgânica, ela está, em sua maior parte, em estado de difícil decomposição, a libertação de nitrogênio é lenta, e as bactérias, encontrando bastante carbono no solo, se vêem tolhidas no seu desenvol-

vimento, pela falta de nitrogênio assimilável. As pequenas quantidades dêste elemento, que se solubilizam, são assimiladas avidamente pelos microrganismos, fixando-os. Este nitrogênio não fica perdido para o solo, porque, com a morte das bactérias, será transformado, por outro tipo de microrganismos, em amoníaco, nitrito e nitrato, que poderiam ser aproveitados pelas plantas. Se, porém, a nova geração de microrganismos encontrar ainda bastante combustível, tomará novamente o nitrogênio libertado, com extraordinária rapidez, exaurindo o nitrogênio disponível a um grau que poderá prejudicar o crescimento das plantas. Dessa maneira, sucedem-se as gerações de microrganismos, retomando praticamente todo o nitrogênio libertado, enquanto existir combustível em excesso, que é o carbono. Somente quando a matéria orgânica atingir uma relação C/N menor do que 15 e as outras condições do solo forem favoráveis (temperatura, umidade, sais minerais) se terá um excesso de nitrogênio assimilável, porque não haverá carbono suficiente para que os microrganismos fixem novamente todo o nitrogênio solubilizado, que poderá então ser aproveitado pelas plantas, ou perdido nas águas de percolação. Estas são as razões teóricas que explicam a possibilidade de haver falta de nitrogênio assimilável em solos turfosos, mesmo quando apresentam alto teor em nitrogênio total. Isso foi plenamente confirmado pelos resultados experimentais obtidos em terrenos de várzea, não só no Vale do Paraíba, como em outros países, como Holanda, Itália, Escócia, Alemanha, Suécia e América do Norte (3).

2.2 - EXPERIÊNCIAS REALIZADAS

Os trabalhos experimentais foram executados em Taubaté, por ser a região do Vale onde vêm sendo feitas, anualmente, grandes plantações de batatinha.

2.2.1 - CARACTERÍSTICAS DAS EXPERIÊNCIAS

Tôdas as experiências realizadas tiveram quatro repetições; delinea-mento em blocos ao acaso, com espaçamentos de 80 centímetros entre linhas e de 35 centímetros entre as plantas nas linhas. As adubações, por hectare, foram calculadas na base de 80 quilos de nitrogênio, usando-se o sulfato de amônio, 120 quilos de ácido fosfórico, empregando-se superfosfato, e 60 quilos de óxido de potássio, adubando-se com sulfato de potássio. Os adubos foram colocados em sulcos abertos no mesmo dia do plantio da batatinha, e misturados muito bem com a terra.

A variedade de batatinha empregada foi a "Paraná Ouro", a mais comumente plantada na região, tendo sido a cultura irrigada por infiltração. Quanto a um tipo representativo do solo da região, veja-se a análise número 1.154.

Para melhor compreensão do desenrolar das experiências, a matéria foi dividida em três fases, de modo que se verificasse (experiência n.º 38), qual o elemento que maior influência exerceu na cultura de batatinha;

quais as doses mais recomendadas de nitrogênio, mantendo-se fixos o ácido fosfórico e o óxido de potássio (experiência n.º 40), e quais as combinações de elementos mais indicadas (experiências n.ºs 105 e 106) para composição da fórmula de adubação da batatinha, em terras do Vale do Paraíba (1).

2.2.2 - DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO E "STAND"

No decorrer das experiências foram anotados o "stand" e o desenvolvimento vegetativo, tendo sido constatadas grandes diferenças entre tratamentos (quadro 2). Assim, na experiência de n.º 38, muito embora o "stand" seja elevado para os tratamentos "sem adubo" e "fósforo-potássio", no tratamento "sem nitrogênio", o desenvolvimento das plantas foi bem pequeno e inferior àqueles tratamentos em que o nitrogênio esteve presente. Praticamente, não foram observadas diferenças entre os lotes que receberam adubação completa e os adubados apenas com nitrogênio e fósforo. A ação do potássio quase não se fez notar em relação ao desenvolvimento vegetativo.

Na experiência n.º 40, realizada na propriedade do Sr. Nicolau Surin, no município de Taubaté, na qual foram fixas as doses de fósforo e potássio, variando as de nitrogênio, verifica-se que as plantas mais desenvolvidas pertenciam aos lotes que receberam de meia dose de nitrogênio para mais (de 40 a 160 quilos de N por hectare). O "stand", embora bom, veio pôr em evidência que a aplicação da adubação nos sulcos não é processo dos mais recomendados, pois, apesar de bem revolidos os adubos com a terra, provocaram o apodrecimento de alguns tubérculos-semente. Esse fato foi mais notado quando se aplicaram doses mais elevadas de adubo nitrogenado, o que se pode ver no quadro 2.

Com referência ao estado vegetativo das plantas das experiências 105 e 106, instaladas na fazenda do Sr. Álvaro de Moura, também em Taubaté, foram observadas pequenas diferenças entre lotes que receberam adubação nitrogenada. As plantas menos desenvolvidas pertenciam aos tratamentos "sem adubação". A influência do fósforo se fez notar, quando ao lado do nitrogênio. Já o potássio, praticamente, não se sobressaiu, pois, no tratamento $N_{1/3} P_{1/3} K_0$, portanto no qual não foi incluído esse elemento, o estado vegetativo era semelhante ao do tratamento $N_{1/3} P_{1/3} K_{3/3}$, em que entrou em dose máxima (60 quilos de K_2O por hectare).

Quanto ao "stand", oscilou ao redor de 80 a 92 por cento, ou, em média, para as duas experiências, de 83 a 88 por cento (quadro 2).

2.2.3 - PRODUÇÕES

Ao ser efetuada a colheita das diversas experiências, verificou-se o seguinte:

Experiência n.º 38 — As melhores colheitas foram conseguidas nos tratamentos em que o nitrogênio foi incluído. A falta desse elemento,

(1) Além das experiências citadas, diversas outras da mesma natureza, foram instaladas, mas, devido às enchentes esporádicas provocadas pelo rio Paraíba, foram totalmente perdidas.

embora presentes o fósforo e o potássio, fez cair a produção, que foi mais baixa que a do “testemunha” — sem adubação. A presença do fósforo e potássio se fez sentir quando presente o nitrogênio. Esse fato (quadro 2) vem demonstrar que, embora a análise da terra tenha revelado elevado teor de nitrogênio total, esse elemento está em estado de difícil assimilação pela batatinha.

A análise estatística ⁽¹⁾ revelou diferenças altamente significativas entre produções ($P = 1\%$ — Test. F Snedecor) e permite concluir que o nitrogênio, na presença dos outros dois elementos, foi o que mais influiu no aumento da produção, vindo, a seguir, o fósforo e, por último, o potássio (fig. 1). A respeito desse fato, deve-se esclarecer que esses resultados diferem dos obtidos em muitas outras zonas batateiras do Estado, como Cascata e Vargem Grande do Sul, na Serra da Fartura; São João da Boa Vista, Itapeceirica e Sorocaba, cujas condições culturais diferem bastante das do Vale do Paraíba, não só no que se refere à composição química e física do solo, como também no que diz respeito à época de plantio, e métodos de cultura (2). Daí o cuidado que se deve ter em não se uniformizar no cultivo da batatinha, a adubação para os diferentes tipos de solo do Estado de São Paulo.

Experiência n.º 40 — Ao se colher a experiência, obtiveram-se boas produções, principalmente nos lotes que receberam, além do fósforo e potássio, o nitrogênio. É de todo interesse ressaltar aqui o importante papel desempenhado pelo nitrogênio naquelas terras, pois o tratamento PK, apesar de apresentar ótimo “stand” (94%), produziu, por área, menos que o lote não adubado, conforme os dados do quadro 2. A adubação básica utilizada como normal e calculada à razão de 80 quilos de N por hectare, foi a mais eficiente. Aliás, essa dosagem, que é o padrão usado pela Seção de Raízes e Tubérculos do Instituto Agrônomo, foi baseada em resultados experimentais (1 e 2). O emprêgo de três quartas partes dessa dose (60 kg de N por hectare) também trouxe resultados altamente compensadores. Considerando apenas as quatro doses uniformes de nitrogênio — 1/2, 1, 1-1/2 e 2, e mais a combinação PK sem N, pode-se explicar as variações pela componente quadrática, isto é, uma parábola decresce satisfatoriamente o fenômeno observado das produções, aumentando até atingir o máximo na dose de 1 — dose normal, para decrescer em seguida (fig. 2). Na parte ascendente da linha compreendida entre 0 e 1, consideram-se os intervalos de 0, 1/2, 3/4 e 1. Nestes intervalos, o aumento de produção pode ser considerado linear.

Esta experiência veio indicar que a aplicação somente de adubos fosfatados e potássicos, em terras turfosas do Vale do Paraíba, é contraindicada. Torna-se necessário incluir também adubos nitrogenados em doses bem equilibradas.

⁽¹⁾ Para esta e demais experiências, recebemos, na parte de estatística, a colaboração do Eng.º Agr.º Hermanno Vaz de Arruda, da Seção de Técnica Experimental e Cálculo do Instituto Agrônomo, a quem agradecemos.

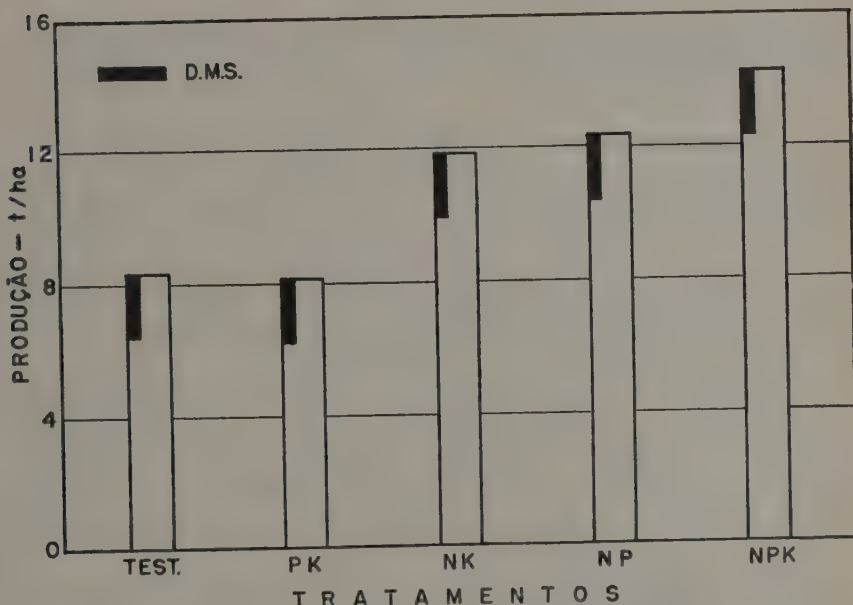


FIGURA 1.—Produções médias obtidas na 38.^a experiência de adubação de batatinha, e diferença mínima significativa para $P = 5\%$.

Experiências n.º 105 e 106 — Também nestas experiências houve variações sensíveis entre produções, mostrando que a ausência do nitrogênio se fez sentir pela queda de produção, muito embora o fósforo e o potássio estivessem presentes. Comparando-se entre si os resultados dos tratamentos “sem adubação” com os “sem nitrogênio”, “sem fósforo” e “sem potássio”, conclui-se que o elemento de maior influência foi o nitrogênio, seguido do fósforo e, por último, do potássio. Esses resultados podem ser observados no quadro 2. Para a experiência n.º 105, as variações de produção por parcela foram muito grandes, encobrendo o efeito da adubação. Não houve diferenças significativas para nenhum dos tratamentos considerados. Na experiência n.º 106, obtiveram-se diferenças altamente significativas para o nitrogênio, sendo que, para $P = 5\%$, de $\pm 1,6$ t/ha. O aumento obtido é explicado pela componente linear, isto é, as produções aumentam proporcionalmente à quantidade de nitrogênio empregada, porém quando em presença do P e K. As produções no geral foram boas, mostrando influência decisiva do nitrogênio. O fósforo não mostrou efeito dos mais significativos e o potássio pouco ou quase nada reagiu, como se verifica no exame do quadro 2, pelo qual se vê que os tratamentos que receberam 1/3, 2/3 e 3/3 de K forneceram praticamente os mesmos resultados que o tratamento sem potássio, havendo mesmo uma tendência para diminuir a produção com o aumento das doses empregadas. Onde não se incluiu o nitrogênio e o fósforo —

$N_0 P_{1/3} K_{1/3}$ e $N_{1/3} P_0 K_{1/3}$, as produções foram pouco superiores às do lote não adubado, confirmando assim a importância do nitrogênio na composição das fórmulas para a cultura da batatinha, nas terras marginais ao rio Paraíba (fig. 3).

3 - RESULTADOS ECONÔMICOS SOBRE A ADUBAÇÃO

Estudando o assunto sob o aspecto econômico, e considerando o valor dos adubos na base de Cr\$ 11,00 o quilograma de elemento nitrogênio, Cr\$ 7,50 o de fósforo e Cr\$ 5,00 o de potássio ⁽¹⁾, conclui-se que algumas das fórmulas de adubação são bem vantajosas, ao passo que outras são antieconômicas. Assim, considerando tão somente o valor do aumento de produção obtido na base de Cr\$ 2,50 o quilo de batatinha — preço de venda conseguido pelo produtor — tem-se o seguinte:

Os resultados da experiência n.º 38 mostram que as fórmulas de adubação, em que figurou o nitrogênio, foram compensadoras, tendo havido, entretanto, um deficit para a fórmula P K, na qual não foi incluído o nitrogênio. Este deficit, calculado em Cr\$ 1.700,00 por hectare, contrasta com os lucros líquidos de Cr\$ 7.570,00 e Cr\$ 8.220,00, devido às fórmulas N K e N P, respectivamente. A fórmula completa — N P K — mostrou-se a mais econômica, por permitir um lucro de Cr\$ 12.670,00, por hectare.

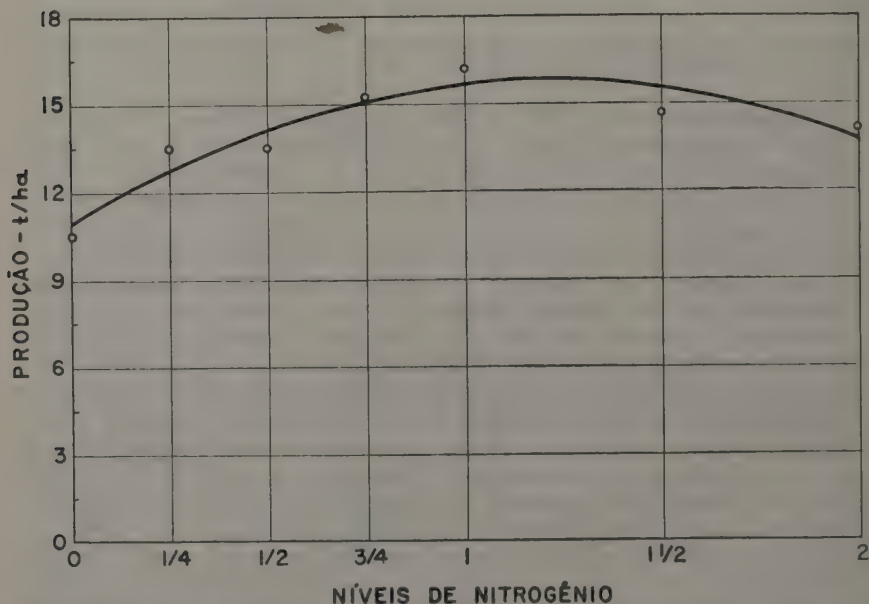


FIGURA 2.—Curva de produção obtida pelo método dos quadrados mínimos ⁽¹⁾ ajustada aos dados de produção da experiência 40.^a de adubação da batatinha.

⁽¹⁾ Equação da parábola $y = 10,918 + 2,010X - 0,207X^2$.

⁽²⁾ Valores aproximados no comércio, no início das experiências.

Esses resultados foram confirmados com os da experiência n.º 40, em que a fórmula P K redundou em prejuízo (deficit de Cr\$ 2.950,00, por hectare); aquelas em que entrou a adubação nitrogenada em vários níveis determinaram lucros.

Os melhores resultados econômicos foram conseguidos com a fórmula completa (80 — 120 — 60), ou seja com aquela que, segundo experiências já realizadas por este Instituto, vem servindo de base para a indicação de fórmulas aos lavradores de batatinha. O lucro verificado com o seu emprego foi de Cr\$ 10.420,00, por hectare.

Na experiência n.º 106 foram estudadas várias combinações de quatro níveis dos elementos N, P e K. Os resultados confirmaram ainda a importância da adubação nitrogenada no tipo de solo estudado, pois a sua ausência na fórmula P K apresentou o lucro insignificante de Cr\$ 600,00, por hectare.

Das fórmulas completas, a que resultou maior lucro foi a $N_{3/3} P_{1/3} K_{1/3}$ (lucro de Cr\$ 9.920,00) em que o nitrogênio figurou na dose mais elevada. Este fato não se verificou com o aumento das doses de P e K.

4 - DETERMINAÇÃO DE FÉCULA NOS TUBÉRCULOS COLHIDOS

Batatinhas provenientes das experiências 105 e 106 foram analisadas na Seção de Tecnologia Agrícola, do Instituto Agrônomo, com o fim de se constatar a umidade total, matéria seca e fécula. Os resultados, praticamente, não variaram entre os tratamentos, pois, em relação à umidade total, não se notaram diferenças superiores a 2,1% (tratamentos $N_{1/3} P_0 K_{1/3}$ e $N_0 P_{1/3} K_{1/3}$). Em fécula na substância original, a diferença máxima foi de 1,7% (tratamentos $N_{1/3} P_{1/3} K_0$ e $N_{1/3} P_0 K_{1/3}$).

5 - RESUMO E CONCLUSÕES

No presente trabalho são apresentados os resultados de uma série de experiências de adubação mineral da batatinha, levadas a efeito em terras de baixada, ricas em matéria orgânica e marginais ao rio Paraíba do Sul. Nessa região, a época de cultura vai de maio a outubro — diferindo completamente das épocas usuais do Estado — fevereiro a março e agosto a setembro, em consequência da elevação do nível das águas do rio Paraíba, que atravessa essas terras e que chega a inundá-las no período chuvoso. Devido a isso, são feitas ali culturas de arroz no período que vai de outubro a abril.

Amostra média de terra dessa região revelou, pela análise, grande riqueza em matéria orgânica e nitrogênio total, isto é, quase sete vezes mais rica em N total e doze vezes mais rica em C total do que uma amostra média colhida, para termo de comparação, em Capão Bonito, zona esta onde também se cultiva intensamente a batatinha, e onde o ácido fosfórico é o elemento que mais influi sobre a produção.

A parte experimental foi dividida em três fases, de maneira que pudesse ser verificada a influência dos elementos N, P e K, sobre a

QUADRO 2.—Dados médios, sobre “stand relativo” e produção de tubérculos, obtidos nas experiências de adubação realizadas no vale do Paraíba, em Taubaté

Tratamentos (1)	38.ª Exp. jun.-out. 1944		40.ª Exp. jun.-out. 1944		105.ª Exp. jun.-out. 1944		106.ª Exp. jun.-out. 1944	
	“Stand”	Produç.	“Stand”	Produç.	“Stand”	Produç.	“Stand”	Produç.
	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha
Sem adubação	96	8,4	96	11,2	89	9,2	81	6,2
P K	94	8,2	94	10,5	-----	-----	-----	-----
NK	91	11,9	-----	-----	-----	-----	-----	-----
NP	94	12,4	-----	-----	-----	-----	-----	-----
NPK	93	14,3	-----	-----	-----	-----	-----	-----
PK + 1/4 N	-----	-----	96	13,5	-----	-----	-----	-----
PK + 1/2 N	-----	-----	92	13,5	-----	-----	-----	-----
PK + 3/4 N	-----	-----	92	15,3	-----	-----	-----	-----
PK + 1 N	-----	-----	92	16,2	-----	-----	-----	-----
PK + 1 1/2 N	-----	-----	90	14,7	-----	-----	-----	-----
PK + 2 N	-----	-----	86	14,1	-----	-----	-----	-----
1/3. PK	-----	-----	-----	-----	88	10,1	89	6,6
1/3 PK + 1/3 N	-----	-----	-----	-----	80	11,1	86	9,6
1/3 PK + 2/3 N	-----	-----	-----	-----	87	13,8	82	9,3
1/3 PK + N	-----	-----	-----	-----	82	12,1	86	10,8
1/3 NK	-----	-----	-----	-----	87	11,9	86	8,4
1/3 NK + 2/3 P	-----	-----	-----	-----	89	13,6	92	8,9
1/3 NK + P	-----	-----	-----	-----	88	15,3	84	9,2
1/3 NP	-----	-----	-----	-----	87	13,9	87	10,1
1/3 NP + 2/3 K	-----	-----	-----	-----	88	14,7	86	10,2
1/3 NP + K	-----	-----	-----	-----	87	12,8	86	8,2
Dif. mín. signif. P = 5% ..	-----	2,0	-----	2,6	-----	N. S.	-----	1,6

(1) As doses normais de N, P e K correspondem a, respectivamente, 80, 120 e 60 quilogramas de elementos por hectare.

cultura, as doses mais recomendadas de nitrogênio, sempre na presença de ácido fosfórico e óxido de potássio, e a melhor combinação de três doses de N, P e K.

Os resultados vieram revelar falta de nitrogênio assimilável, apesar de o solo apresentar alto teor de nitrogênio total, pois tôdas as vêzes que

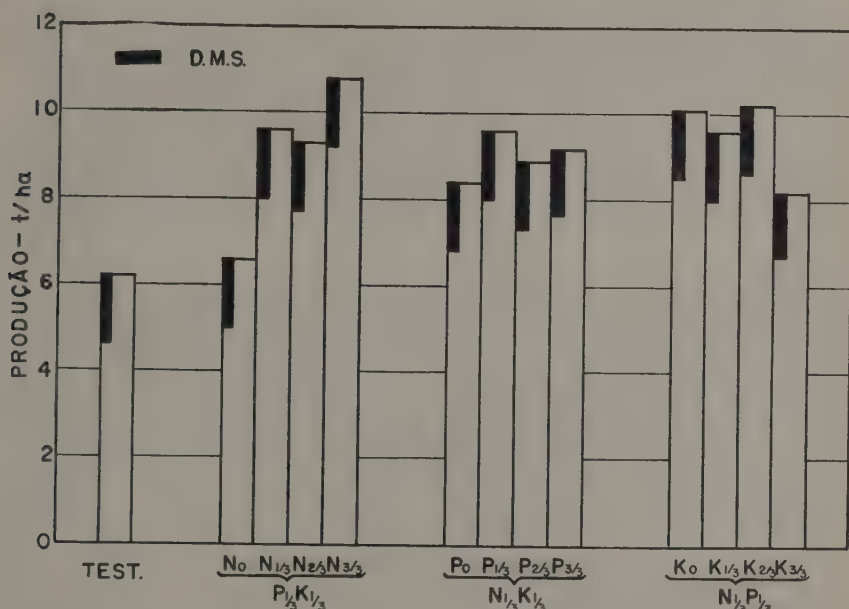


FIGURA 3.—Produções médias das experiências 105 e 106 de adubação de batatinha, mostrando a influência de diferentes níveis de cada um dos elementos maiores, sempre em presença dos outros dois, e diferença mínima significativa calculada para $P = 5\%$.

se deixou de incluir um adubo nitrogenado, mesmo com a adição de adubos fosfatados e potássicos, a produção decresceu acentuadamente, e, em alguns casos, foi inferior à dos lotes sem adubos. Assim, na experiência número 38, obtiveram-se, com o emprêgo de P K, 8,2 toneladas de tubérculos, por hectare, ao passo que, com o emprêgo de N K e N P, 11,9 e 12,4 toneladas, por hectare, respectivamente. Em outra experiência, a de número 40, o P K produziu 10,5 toneladas por hectare (inferior ao testemunha “sem adubo”), e o N P K, 16,2 toneladas. Resultados semelhantes foram conseguidos nas demais experiências.

Considerando-se a parte econômica, os maiores lucros foram conseguidos nas experiências em que o adubo nitrogenado foi aplicado na base de 80 kg de nitrogênio por hectare, sempre em presença do fósforo e potássio. A adubação com P K, apenas, foi deficitária.

Os tubérculos provenientes dos diversos tratamentos foram analisados para determinação do teor em fécula, e os resultados não revelaram diferenças apreciáveis.

SUMMARY

Results are presented of mineral fertilizer trials with Irish potato crop in the State of São Paulo. The experiments were conducted in the flat lands of the Paraíba

River banks. In this region, potato plantings are usually made from May to October, a period with little rain, and practically free from flood. From October to April, when good weather conditions prevail, rice is almost the only crop grown. In other regions of the State, potato is planted in February or in August.

Chemical analyses of an average sample of the soil revealed a high organic matter content, about seven fold higher total nitrogen content and a twelve fold higher total carbon content, as compared with those found in a soil sample taken from Capão Bonito, an important potato area in the State, where phosphoric acid has been found to be responsible for increases in tuber productions. The experimental design was arranged so that conclusions could be drawn from the influence of increasing amounts of each nutrient element N, P and K, in the presence of a constant amount of the other two.

In spite of the high total nitrogen content of the soil, results have shown this element not to be in available form for plants. In these experiments, application of nitrogen has been found to be effective and even decisive in increasing tuber yield. Lack of this element results in a lower production, in some cases, even inferior to check plots. In experiment n.º 38, for instance, PK yielded two tons of tubers per hectar, whereas NK and NP yielded, respectively, 11.9 and 12.4 tons. In another trial, n.º 40 PK yielded 10.5 tons per hectar (less than check), while NPK yielded 16.2 tons.

From the economical point of view, an amount of 80 kg of N to the hectar in the presence of PK, brought better profits, application of PK alone, resulted in losses.

Determinations of starch content in tubers of every treatment have shown no appreciable differences between them.

LITERATURA CITADA

1. **Camargo, T e C. A. Krug.** Experiências sôbre adubação da batata. Bol. Técn. Inst. Agr. (Campinas) **16**: 1-36. 1935.
2. **Boock, O. J. e J. B. Castro.** Efeito do nitrogênio, fósforo e potássio na adubação da batatinha — *Solanum tuberosum* L. Bragantia **10**: 221-233, est. 1 e 2. 1950.
3. **Kulitans, P e outros.** Zeitschr. f. Planz. un Dung. u. Bodenkunde **38**: 85-141. 1935.

CLOROSE DAS FÓLHAS DO CAFEIEIRO EXCELSA

A. S. COSTA, *engenheiro agrônomo, Secção de Genética, e J. E. TEIXEIRA MENDES, engenheiro agrônomo, Secção de Café, Instituto Agronômico de Campinas*

1 - INTRODUÇÃO

Uma forma de clorose das folhas do cafeeiro excelsa (*Coffea Deweveri* De Wild. et Th. Durant var. *excelsa* Chev.) vem sendo observada há vários anos em mudas cultivadas em canteiros, dentro de um ripado, na Estação Experimental Central do Instituto Agronômico, em Campinas. Nem tôdas as mudas dêste tipo de cafeeiro, que crescem no mesmo canteiro, mostram a clorose, e mudas de outras espécies de café, plantadas sob as mesmas condições, não a apresentam. A clorose do cafeeiro excelsa não deve ser confundida com o caso da incompatibilidade entre cavalo e cavaleiro (4), descrita para o caso de variedades de café arábica enxertadas em café congensis (*C. congensis* Froehner), embora haja semelhança superficial dos sintomas.

A importância econômica da clorose, embora observada em grande percentagem de mudas de cafeeiro excelsa, é muito pequena, pois não afeta as variedades comerciais de *Coffea arabica*, que são as cultivadas em São Paulo. Sob as condições existentes na Estação Experimental Central, a clorose dificulta a utilização do cafeeiro excelsa como cavalo, para fins experimentais.

Alguns estudos foram feitos com a finalidade de determinar qual o elemento deficiente nas folhas cloróticas e qual a causa primária dessa deficiência. Os resultados obtidos estão relatados no presente trabalho.

2 - DESCRIÇÃO DA CLOROSE

As mudas ainda novas do cafeeiro excelsa, em geral, não mostram os sintomas de clorose, sendo o seu aparecimento mais frequente em mudas que já atingiram cêrca de 30 a 50 cm de altura. A clorose se manifesta em quase tôdas as folhas da planta, ou, pelo menos, em tôdas as formadas em determinada época. Nas folhas mais novas, os sintomas são menos visíveis, acentuando-se à medida que a folha envelhece. Os sintomas cloróticos aparecem primeiramente nas ilhotas do parênquima, respeitando as nervuras de terceira ordem, em seguida, tôdas as áreas intercostais mostram clorose, e, mais tarde, a folha tôda pode tornar-se de côr amarela. Às vêzes, um novo fluxo de crescimento, formado pela planta clorótica, é de côr verde, mas há tendência para que a clorose se manifeste mais tarde nessas folhas. Tem sido notado que, depois que as plantas de café excelsa atingem o tamanho de um metro ou mais, mostram tendência para recuperar. Isto parece indicar que há um período

crítico na vida da muda, durante o qual ela é mais suscetível aos fatores que causam a clorose. O sistema radicular das plantas cloróticas é menos desenvolvido que o de plantas normalmente verdes (est. 1, A e B).

3 - CAUSA DA CLOROSE

Os sintomas da clorose se assemelham àqueles devidos à deficiência de ferro nas folhas (2). Para determinar se esse tipo de clorose era devido a alguma deficiência, trataram-se as folhas cloróticas de cafeeiros excelsa com soluções de sais de ferro e de outros elementos, a fim de verificar se algum deles promovia a recuperação da cor verde normal das folhas. Em um primeiro ensaio, foram usados sais de ferro, zinco, manganês e magnésio, aplicados em solução por pulverização. Verificou-se que nenhum desses elementos promoveu a recuperação da cor verde. Notou-se, entretanto, que as folhas, que tinham sido pulverizadas com sais de ferro, apresentavam pequenas manchas arredondadas de cor verde. A observação cuidadosa dessas manchas mostrou que elas ocorriam ao redor de pequenos ferimentos existentes na superfície da folha. Baseada nesta observação, foi desenvolvida uma técnica para determinar a causa de deficiências foliares (1), a qual consiste na aplicação dos elementos que se quer ensaiar pelo método da meia folha (6), com auxílio de carborundo (5). O uso desta técnica permitiu determinar com bastante segurança que a clorose das folhas do cafeeiro excelsa era devida à falta de ferro, e que a introdução deste elemento nas folhas, feita com uma solução de cloreto ou sulfato de ferro, aplicada por fricção com auxílio de carborundo, fazia com que as folhas tratadas adquirissem cor verde normal depois de 10 a 40 dias (est. 1 - C). A simples pulverização das folhas com soluções de sais de ferro não era eficiente como corretivo, pois, aparentemente, a penetração da solução através da cutícula intacta era bastante difícil.

4 - CAUSA PRIMÁRIA DA DEFICIÊNCIA

Embora tivesse sido determinado que a clorose das folhas era devida à deficiência de ferro, o conhecimento obtido não esclarecia a causa primária dessa deficiência. Vários fatores do solo ou concernentes à própria planta podem influir na absorção de ferro do solo, causando deficiência deste elemento nas folhas, com a consequente clorose. Alguns ensaios de enxertia foram efetuados, nos quais se procurou determinar se a causa primária da clorose estava relacionada com o solo ou se poderia ser devida a causas genéticas ou patológicas.

A observação de que as plantas de variedades de café arábica, crescendo sob as mesmas condições que as de café excelsa, não mostravam sintomas de deficiência de ferro, sugeriu a possibilidade de se obter alguma informação sobre a natureza desta condição, pela combinação de enxertia entre as duas espécies. Em vários ensaios realizados foi constatado que plantas de pé franco de café arábica, usadas como testemunhas,



A — Plantas de pé franco de café *excelsa*: com clorose à esquerda, normal à direita.
 B — Plantas de café *arabica* enxertadas sobre cavalo de café *excelsa*: com clorose à esquerda, normal à direita. C — Fôlhas de café *excelsa* com clorose: a) meias-fôlhas às quais foi aplicada uma solução de sulfato de ferro a 1%, por fricção, com auxílio de carborundo; b) meias-fôlhas tratadas por pulverização com a mesma solução, fotografadas 30 dias após o tratamento.

não mostravam sintomas de clorose, mesmo quando plantadas ao lado de plantas cloróticas de café excelsa. Entretanto, os enxertos de café arábica sobre cavalo de café excelsa desenvolviam sintomas de clorose, nas folhas, semelhantes aos das folhas de café excelsa de pé franco. Por outro lado, observou-se que enxertos de café excelsa sobre cavalos de café arábica não mostravam sintomas de clorose, e que garfos cloróticos obtidos de excelsa de pé franco ou de arábica enxertado sobre excelsa recobravam a cor verde quando transferidos para cavalo de arábica. Os resultados desses ensaios estão no quadro 1.

QUADRO 1.—Resultados dos ensaios de combinação de enxertia entre café excelsa e arábica, com garfos de plantas cloróticas e normais

Cavaleiro		Cavalo			
		E x c e l s a		A r á b i c a	
		Enxertos pegados	Enxertos cloróticos	Enxertos pegados	Enxertos cloróticos
		no.	no.	no.	no.
Arábica	{ normal -----	57	40	19	0
	{ clorótico -----			14	0
excelsa	{ normal -----			14	0
	{ clorótico -----			12	0

As observações sobre combinações de enxertia foram bastante sugestivas de que a clorose do cafeeiro excelsa era devida a causas relacionadas com o sistema radicular desta espécie, de natureza genética ou, possivelmente, devida a um vírus. A fim de verificar esta última possibilidade, efetuou-se um ensaio no qual mudas de pé franco de café excelsa, formadas em estufa à prova de insetos, foram enxertadas lateralmente com garfos de plantas normais e cloróticas, de café excelsa e arábica. Esta experiência foi repetida duas vezes, tendo sido ao todo enxertadas 20 plantas de cada combinação. Nenhuma diferença foi notada entre plantas enxertadas com garfos normais e aquelas enxertadas com garfos cloróticos, embora o pegamento dos enxertos não tenha sido elevado. Plantas com clorose foram observadas em igual proporção em todas as séries, e até mesmo em plantas testemunhas que não tinham sido enxertadas.

5 - SUMÁRIO E CONCLUSÕES

As observações e experiências efetuadas demonstram que a condição clorótica observada em plantas de café excelsa é devida a uma deficiência de ferro nas folhas. É sabido que deficiência de ferro nas plantas pode resultar de fatores variados, concernentes ao solo ou à própria planta. Certas propriedades do solo, tais como excesso de calcário, baixo teor de potássio ou alto teor de fósforo, excesso de manganês ou de outros metais podem dificultar a absorção de ferro pela planta e resultar em deficiência desse elemento (3).

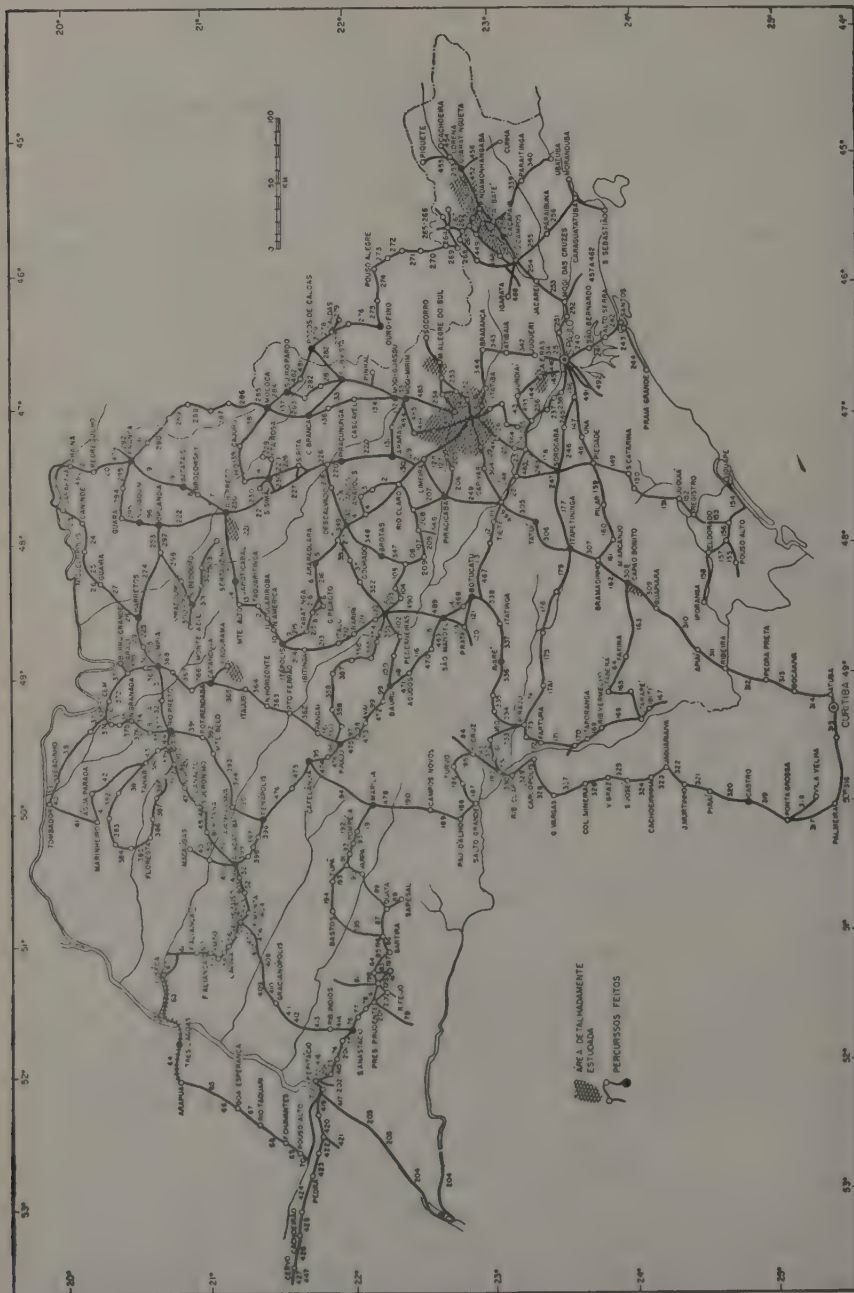


FIGURA 1. — Mapa do Estado de São Paulo mostrando os caminhamentos percorridos pelos técnicos da Seção de Agrogeologia.



Figura 2. — Mapa do Estado de São Paulo indicando os pontos onde as amostras superficiais e perfis do solo foram retirados.

dessas rochas são : gnaisses, granitos, micaxistos, etc. As análises mineralógicas das frações "areia grossa e areia fina + limo", mostram grande riqueza em minerais primários, ricos em potássio e magnésio.

Topografia — São solos em geral de conformação muito acidentada ; a altitude pode variar entre 3 e 1.700 m acima do nível do mar.

Vegetação natural primária — São êstes solos, quando ainda virgens, cobertos por densas matas, apresentando, no geral, aspecto subhidrofílico. As estampas 1-A e B, 2-A e B e 3-A mostram vistas típicas da vegetação natural do solo Massapé-salmourão.

Perfil do solo — Deve-se dizer, logo de início, que os solos tipicamente massapés, são bastante argilosos, enquanto que os salmourões são mais pedregosos. A fração mais grossa é, no geral, constituída por fragmentos de quartzitos e cristais de feldspatos mais ou menos caolinizados. Os granitos são mais responsáveis pelo subtipo salmourão, ao passo que os gnaisses e micaxistos são responsáveis pela origem do subtipo massapé.

Por enquanto, êsses dois subtipos só podem ser perimetrados conjuntamente. A razão reside, sobretudo, na não existência ainda de mapa petrográfico detalhado. A coloração dêstes solos é, em geral, amarelada ou avermelhada, podendo os primeiros 30 cm apresentar coloração parda ou acinzentada escura, devido ao maior ou menor teor em matéria orgânica. A coloração amarelada ou avermelhada se deve aos óxidos hidratados de ferro.

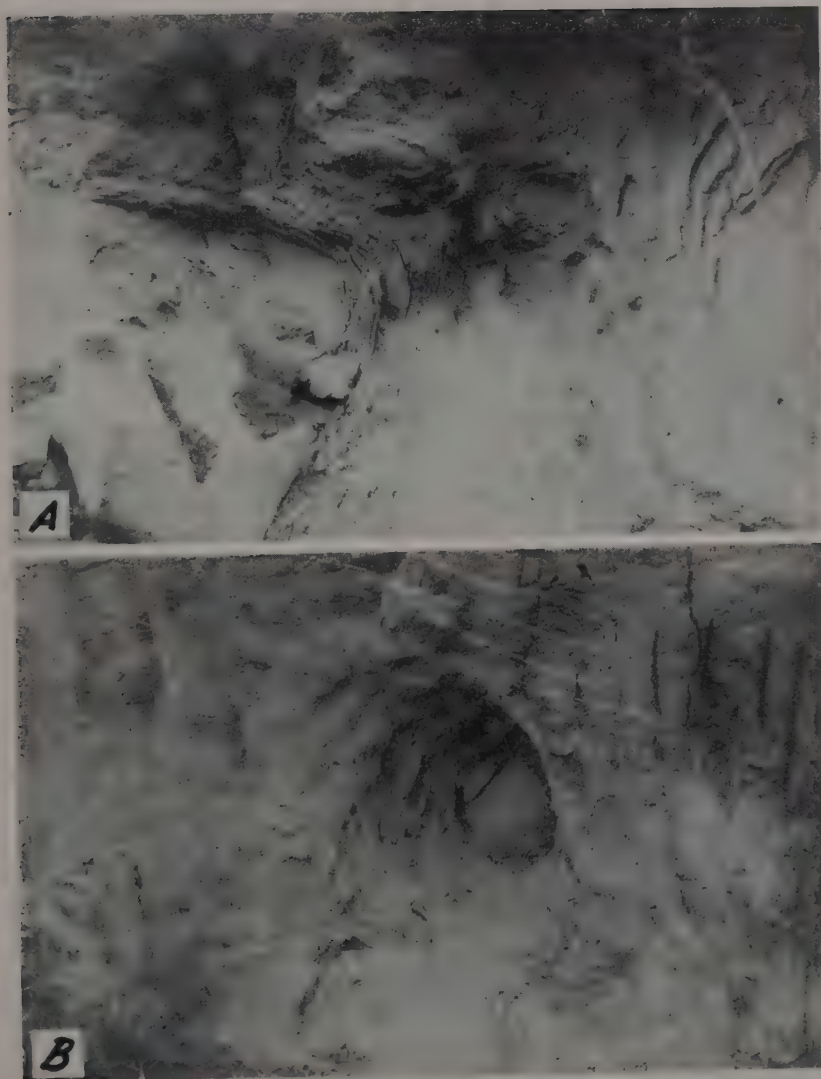
Tanto no solo massapé-salmourão como nos outros tipos, não há, no geral, uma diferenciação pedológica intensa entre suas várias profundidades (0 — 1,5 m), mas, sim, variação de ordem contínua.

Por esta razão, no geral, os perfis são divididos da seguinte maneira : Primeira camada ou solo arável, com espessura de 0-35 ou 40 cm ; segunda camada de 40-80 cm e terceira camada de 80-150 cm. Em casos especiais, seguem-se ainda outras camadas, como sejam : de 150-200 ; 200-250 ; 250-300 e 300-500 cm. Êste esclarecimento serve para os demais tipos que serão descritos adiante.

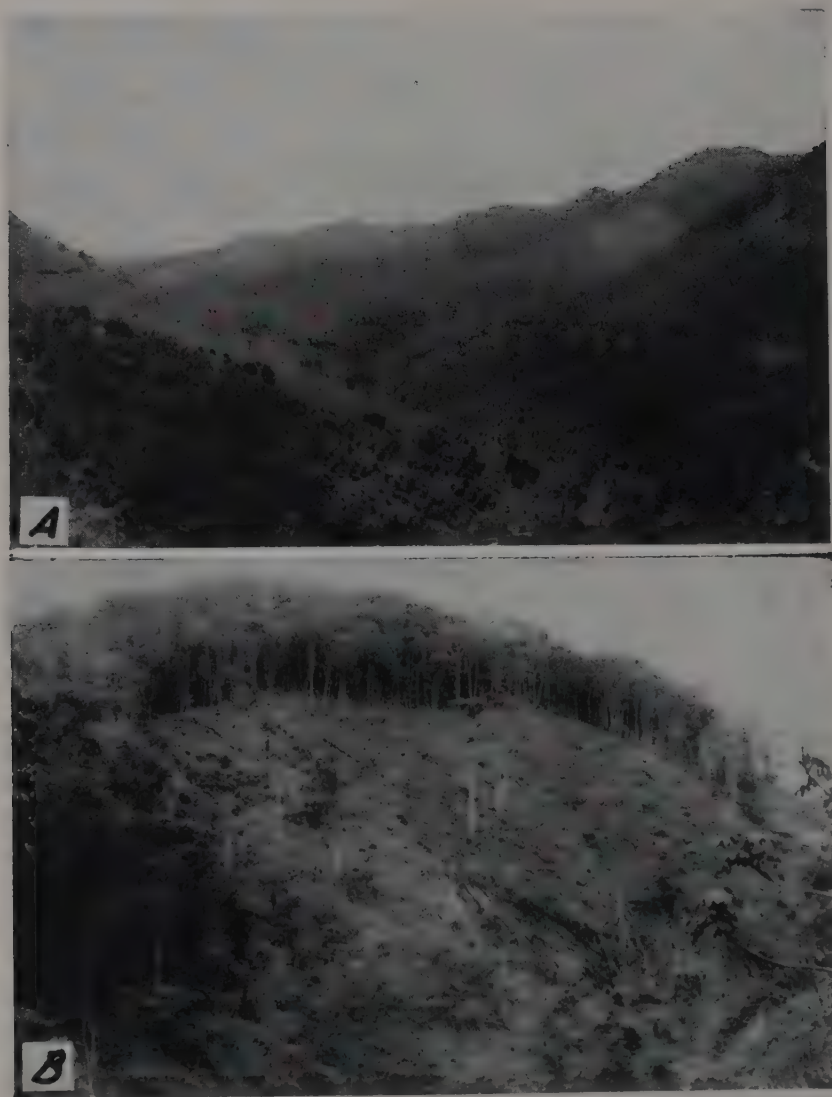
Os solos pertencentes a êste grande tipo massapé-salmourão, são, no geral, pouco permeáveis à água. Apesar de relativamente resistentes aos fenômenos da erosão, quando as ramplas são muito fortes, sofrem, às vêzes, profundamente dêsse grande mal.

São solos ricos em elementos químicos no estado potencial e isto é claramente revelado pela análise química total, bem como pela análise mineralógica, que determina grande quantidade de micas, feldspatos, etc. Neste particular, êste solo se diferencia completamente dos demais, no Estado. A fração argila é constituída essencialmente por caolinita, podendo estar presente também hidrargilita (4).

A análise química média dos elementos trocáveis, assim como diversas constantes físicas importantes, podem ser consultadas nos quadros 1 e 2. (5, 6).



Massapé-Salmourão. A e B Localização: Entre Cunha e Guaratinguetá (Serra do Mar; 45° W. Gr. 23° S); altitude: 850 m. Decomposição concêntrica do granito devido ao intemperismo local.



Salmourão-Massapé. *A*—Localização: Estação de Cascata (46°40' W. Gr. 21°50' S); altitude: 1200 m, mostrando a topografia acidentada desse tipo de solo, relativamente resistente à erosão conforme se observa pelo cafézal velho, ainda em produção. *B*—Localização: Fralda da Mantiqueira, em Pindamonhangaba (45°35' W. Gr. 22°50' S); altitude: 800 m. Observa-se a devastação da mata e predominância da rocha-mater Gnaiss.

QUADRO 1.—Características físicas do solo do tipo massapé-salmourão. Dados gerais, análise mecânica total e fase líquida.

Camada do solo (profundidade)	Massa específica		Porosi- dade natural	Cór do solo (Ostwald)		Areia grossa (2 a 0,2 mm)		Limo (0,2 a 0,002 mm)	
	Real	Aparente		Úmido	Sêco	Pêso	Volume	Pêso	Volume
			%			%	%	%	%
0-40 cm -----	2,59	1,37	47,4	lg 4-5	ie 4-5	33,7	17,8	48,5	23,9
40-80 cm -----	2,62	1,45	44,0	ng 5	le 4-5	26,3	14,8	46,2	23,5
80-150 cm -----	2,65	1,42	45,6	le 5	gc 4	24,0	14,0	48,3	23,7

Camada do solo (profundidade)	Argila (< 0,002 mm)		Índice intern. (Buitenzorg)	Umidade de murchamento		Umidade equi- valente		Água capilar máxima	
	Pêso	Volume		Pêso	Volume	Pêso	Volume	Pêso	Volume
	%	%		%	%	%	%	%	%
0-40 cm -----	17,8	9,4	B. L.	14,3	19,6	21,1	28,9	28,8	39,4
40-80 cm -----	27,5	14,9	B. L.	16,3	23,7	24,0	34,8	29,0	42,1
80-150 cm -----	27,7	14,8	B. L.	16,8	23,9	24,7	35,1	30,3	43,0

3 - SOLO DEVONIANO

Área — Compreende este tipo de solo cerca de 100.000 hectares, ou, melhor, 0,4% da área total do Estado.

Topografia — Em geral é plana ou levemente ondulada. Podem, entretanto, aparecer desníveis repentinos e abruptos, superiores a 200 m. As estampas 3-B e 4-A e B mostram paisagens típicas destes solos. A altitude varia entre 800 e 1100 m acima do nível do mar.

Geologia — Provém desse grande tipo de solo de arenitos do perfil do Devoniano, cuja textura pode variar bastante. A formação é rica em calcários. Essa variação de textura é devida, principalmente, ao maior ou menor tamanho dos grânulos de quartzo, bem como ao teor em argila. É bastante pobre em minerais importantes à alimentação das plantas. A análise petrográfica revela quase que exclusivamente quartzo, e a fração argila é constituída por caolinita. A estampa 3-B 4-A e B mostra os paredões do arenito Devoniano, em parte influenciados pela erosão eólica.

Vegetação nativa — Consiste, no geral, em grandes planícies de pastagens. Encontramos nas leves depressões molhos de pinheiros (*Araucaria brasiliensis*). Não há matas propriamente ditas; no geral, pequenos capoeirões. A barba de bode (*Aristida pallens* Cav.) é muito comum.

Perfil do solo — Os solos, no geral, são classificados como arenosos e barrentos, segundo a análise mecânica. A matéria orgânica está localizada

QUADRO 2.—Características químicas do solo tipo massapé-salmourão. Análises do solo e do complexo coloidal

Camada do solo (profundidade)	Acidez	Carbo- no	Nitro- gênio total	C/N	Íons trocáveis em equivalente miligrama, por 100 gramas de solo seco a 110°C										V. (Índi- ce de sa- turação)	
					PO ₄ ³⁻			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Mn ⁺⁺	K ⁺	H ⁺	Al ⁺⁺⁺	S		T-S
					e. mg	e. mg	e. mg									
	pH	%	%		e. mg	e. mg	e. mg	e. mg	e. mg	e. mg	e. mg	e. mg	e. mg	e. mg	%	
0-40 cm	5,8	1,3	0,12	11	0,60	2,50	0,70	0,06	0,18	6,0	0,4	3,44	6,4	34,9		
40-80 cm	5,5	0,5	0,05	10	0,50	1,50	0,70	0,03	0,12	5,0	0,3	2,35	5,3	30,7		
80-150 cm	5,5	0,3	0,02	15	0,40	0,50	0,60	0,03	0,12	5,0	0,3	1,25	5,3	19,1		

Camada do solo (profundidade)	Análise química do complexo coloidal						
	Em 100 g de solo seco a 110°C			Relação molecular			
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂ /R ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃
	g	g	g				
0-40 cm	10,0	13,0	6,0	1,0	1,3	4,5	3,4
40-80 cm	15,0	18,0	7,0	1,1	1,4	5,8	4,1
80-150 cm	20,0	20,0	8,0	1,3	1,7	6,6	3,9

QUADRO 3.—Características químicas do solo tipo Devoniano. Análises do solo e do complexo coloidal

Camada do solo (profundidade)	Acidez	Carbo- no	Nítró- gênio total	C/N	Íons trocáveis em equivalente miligrama, por 100 gramas de solo seco a 110°C										X- difração (a 2θ)
					PO ₄ ⁻⁴	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Mn ⁺⁺	K ⁺	H ⁺	Al ⁺⁺⁺	S	T-S		
	pH	%	%		e. mg	e. mg	e. mg	e. mg	e. mg	m. e.	e. mg	e. mg	e. mg	%	
0-40 cm	4,6	1,0	0,06	17	0,50	0,20	0,12	0,05	0,10	7,0	1,5	0,47	8,5	5,2	
40-80 cm	4,8	0,5	0,03	17	0,40	0,15	0,10	0,04	0,08	6,0	0,8	0,37	6,8	5,2	
80-150 cm	5,0	0,3	0,02	15	0,40	0,15	0,08	0,04	0,08	5,0	0,4	0,35	5,4	6,1	

Camada do solo (profundidade)	Análise química do complexo coloidal				
	Em 100 g de solo seco a 110°C			Relação molecular	
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	SiO ₂ /Fe ₂ O ₃
0-40 cm	4,5	13,0	5,0	0,5	2,4
40-80 cm	5,0	16,0	5,5	0,4	2,4
80-150 cm	5,0	19,0	7,5	0,3	1,8
					4,1
					4,6
					4,0

nos primeiros 30 cm e, em geral, em teor muito baixo (ver quadro 3). Abaixo dos 40-50 cm, começa, geralmente, o perfil a se adensar devido ao aumento de argila. A permeabilidade à água é pequena abaixo dos 40-50 cm. A coloração é, comumente, clara ou acinzentada à superfície e amarela ou avermelhada nas camadas inferiores. São solos quimicamente pobres como podemos observar nas tabelas que seguem. Atualmente, são solos de pouco valor agrícola e também de menor importância em face de sua área relativamente pequena. Os dados químicos e físicos podem ser melhor observados nos quadros 3 e 4.

Culturas — A agricultura é diminuta ; são áreas que, até o momento, fornecem essencialmente pastagens sofríveis.

QUADRO 4.—Características físicas do solo tipo Glacial (arenoso). Dados gerais, análise mecânica total e fase líquida.

Camada do solo (profundidade)	Massa específica		Porosi- dade natural	Cór do solo (Ostwald)		Areia grossa (2 a 0,2 mm)		Limo (0,2 a 0,002 mm)	
	Real	Aparente		Úmido	Seco	Peso	Volume	Peso	Volume
			%			%	%	%	%
0-40 cm -----	2,59	1,33	48,6	ng 5	ng 4	52,6	27,8	38,7	19,8
40-80 cm -----	2,63	1,31	50,3	le 5	le 4	46,9	23,5	36,2	17,9
80-150 cm -----	2,65	1,35	49,1	ne 5	ne 4	34,1	16,8	38,7	20,1

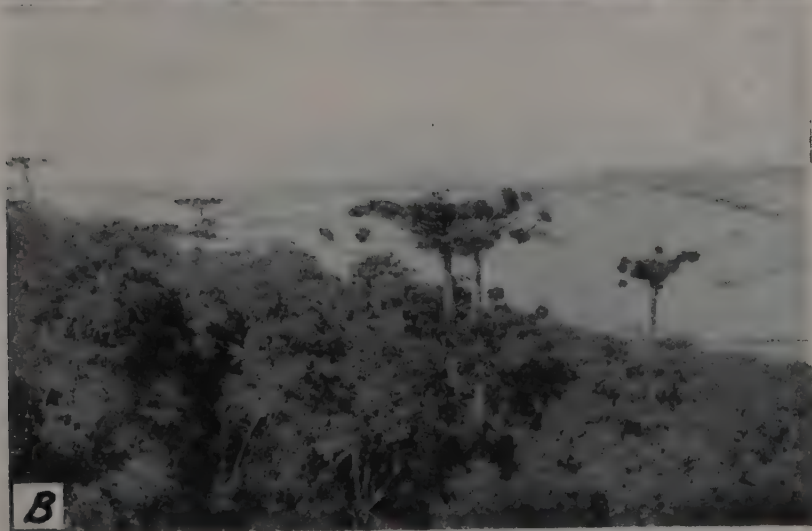
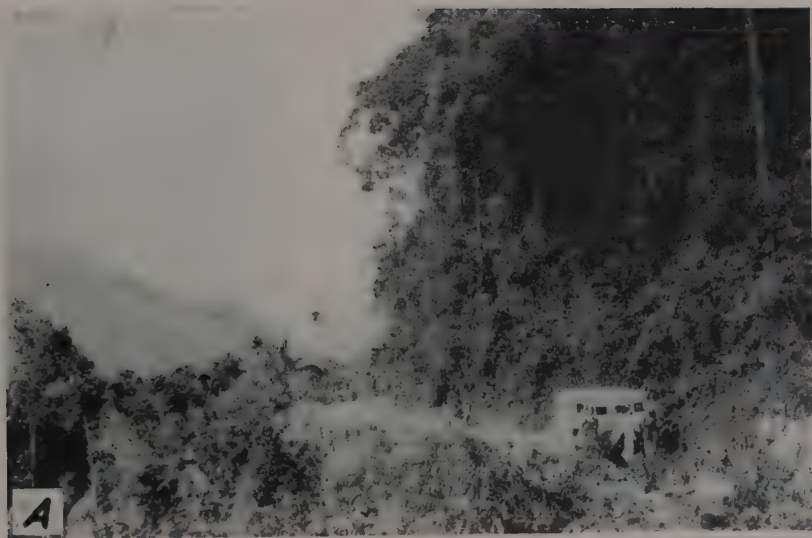
Camada do solo (profundidade)	Argila (< 0,002 mm)		Índice intern. (Buitenzorg)	Umidade de murchamento		Umidade equi- valente		Água capilar máxima	
	Peso	Volume		Peso	Volume	Peso	Volume	Peso	Volume
	%	%		%	%	%	%	%	%
0-40 cm -----	8,7	4,5	A. L.	6,4	8,5	9,4	12,5	19,0	25,3
40-80 cm -----	16,9	8,4	B. A.	7,7	10,1	11,3	14,8	21,0	27,5
80-150 cm -----	27,2	14,1	B. L.	9,0	13,0	14,2	19,2	23,0	31,0

4 - SOLO GLACIAL

Área — Foram estudados cerca de 2.000.000 hectares dêsse grande tipo de solo equivalente a 8,1% da área total do Estado.

Topografia — É suave a topografia dêstes solos, apresentando grandes áreas planas. A altitude varia entre 500 e 750 m acima do nível do mar.

Geologia — Êste grande tipo de solo traz o nome da própria formação geológica a que pertencem as rochas que o originaram. Estas são : varvitos, argilitos, tilitos e arenitos. O estudo mineralógico-petrográfico desta série de rochas mostra variação imensa em seus constituintes minerais. Há casos



Salmourão-Massapé. Localização: Descida da Serra do Mar, em Ubatuba (45°10' W. Gr. 23°25' S); altitude: 1000 m, observando-se mata pluvial com vegetação primária sobre rocha-mãe de gnaiss e pegmatito; precipitação anual: 2000-3000 mm.
B—Devoniano. Localização: SE de Vila Velha, no Paraná (50° W. Gr. 25°15' S); altitude: 950 m, vendo-se mata primária típica, sobressaindo a *Araucaria angustifolia* Rich.



Devoniano. *A e B* -Localização: Vila Velha, Paraná (50°05' W. Gr. 25°15'S) Altitude: 950 m. Observa-se a erosão éólica das escarpas de arenito devoniano.

de arenitos cuja composição mineralógica é representada, quase que exclusivamente, por quartzo, existindo também casos de argilitos, varvitos e tilitos, ricos em minerais potássicos, magnesianos e cálcicos. Foram observados, portanto, solos desde argilosos até tipicamente arenosos nessa formação, e com a mesma denominação genérica. Contudo, boa parte da área em questão, ou seja do grande tipo "solo glacial", é originária dos arenitos pobres, já referidos acima; portanto, as considerações aqui expostas se referem a eles.

Vegetação natural — Devemos ressaltar que apenas está sendo considerada a área arenítica; observam-se, como paisagem florística, campos com barba de bode, indaiá (*Attalea indaya* Dr.), barbatimão (*Stryphnodendron barbatimão* Mart.), guabiroba (*Abbevillea neriflora* Berg.) e mais uma série bastante grande de subarbustos e arbustos tipicamente subxerofíticos. Usa-se mesmo, para esses tipos de paisagem, a denominação de "campo de pau torto" (Estampa 5-A e B).

Perfil do solo — São solos em geral claros, acinzentados na superfície, e amarelados ou avermelhados na camada mais profunda. Não há horizontes pedológicos bem definidos. Nos primeiros 30 cm está distribuída grande parte da matéria orgânica em que, aliás, são bastante pobres. São essencialmente arenosos; assemelham-se muito ao grande tipo arenito Botucatu. Possivelmente, para o futuro, será mapeado juntamente com este último, permanecendo no grande "tipo Glacial" apenas as áreas de solos provenientes de argilitos, varvitos e tilitos, que não estão descritos neste trabalho.

Nos quadros 4 e 5, pode-se ter melhor idéia da constituição física e química deste solo (5, 6).

Culturas — No geral, pastagens, abacaxi (*Ananas sativus* (Lindsley) Schultes f.); pouco algodão (*Gossypium hirsutum* L. (Upland)) e série de pequenas culturas.

5 - SOLO CORUMBATAÍ

Área — É de cerca de 700.000 hectares, ou sejam, 2,8% da área total do Estado.

Topografia — É, no geral, de regular conformação topográfica, apresentando o terreno pequenas ondulações. A altitude varia entre 490 e 740 metros acima do nível do mar.

Geologia — Este grande tipo de solo se assenta sobre a formação geológica Corumbataí-Permiano (Série Passa-Dois). As rochas predominantes são: argilitos, folhelhos argilosos com sílex, calcários e arenitos muito finos, quase de textura argilosa, sob ponto de vista granulométrico. A composição petrográfico-mineralógica dessa formação é bastante complexa e variável.

A análise radiográfica da fração argila mostra grande quantidade de quartzo e, às vezes, apresenta também pequena quantidade de caolinita. Esta fração, que serviu às análises radiográficas, é constituída por partículas menores do que dois microns (4).

QUADRO 5.—Características químicas do solo tipo Glacinal. Análise química do solo e do complexo coloidal

Camada do solo (profundidade)	Acidez	Carbo- no	Nitro- gênio total	C.N.	Íons trocáveis em equivalente miligrama, por 100 gramas de solo seco a 110°C									
					PO ₄ ⁻³	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Mn ⁺⁺	K ⁺	H ⁺	Al ⁺⁺⁺	S	T.S	V. fixa (ce. da sor.) (miligrama)
	pH	%	%		e. mg	e. mg	e. mg	e. mg	e. mg	e. mg	e. mg	e. mg	%	
0-40 cm	5,2	1,5	0,11	14	0,50	1,00	0,50	0,03	0,15	7,0	1,5	1,68	8,5	16,5
40-80 cm	5,2	0,7	0,07	10	0,40	0,50	0,30	0,02	0,05	6,0	1,0	0,87	7,0	11,0
80-150 cm	5,3	0,5	0,05	10	0,40	0,50	0,30	0,02	0,02	3,0	1,0	0,84	4,0	17,3

Camada do solo (profundidade)	Análise química do complexo coloidal						
	Em 100 g de solo seco a 110°C			Relação molecular			
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂ /R ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃
0-40 cm	0	0	0	1,1	1,4	5,3	3,8
40-80 cm	10,0	12,0	5,0	1,0	1,3	5,4	4,2
80-150 cm	12,0	16,0	6,0	1,0	1,3	5,4	4,2

Vegetação natural — A cobertura vegetal natural é comumente regular ; mais ou menos do tipo subhidrófilo ; de porte comumente médio.

Perfil do solo — Apresentam, no geral, coloração acinzentada, amarelada e até vermelha. A côr dos primeiros 30 cm tende geralmente para acinzentado ou pardo marrom, devido ao teor em matéria orgânica ; as camadas mais profundas são coradas, como dissemos acima, devido aos óxidos hidratados de ferro.

São solos em geral quimicamente ricos, tanto em elementos trocáveis, como no estado potencial. Sob o ponto de vista físico, mostram-se rasos, argilosos e pouco permeáveis à água e mesmo às raízes das plantas. O sistema radicular das plantas encontra certa dificuldade em penetrar além de 60-70 cm de profundidade. O quadro 6, com dados químicos, completa esta rápida descrição (5).

6-SOLO ARENITO BOTUCATU

Área — Cerca de 7.200.000 hectares dêsse grande tipo de solo estão sendo estudados, já há 15 anos. Essa área equivale a cerca de 29,1% do total do Estado de São Paulo.

Topografia — Em quase sua totalidade, completamente plano ; é especial para o emprêgo, em larga escala, de maquinaria agrícola. As altitudes oscilam entre 450 e 900 m acima do nível do mar.

Geologia — As formações geológicas, que deram origem a êsses solos, são as mesozóicas, (1) constituídas por rochas areníticas de formação eólica, o que se observa claramente ao estudar as superfícies dos grãos de quartzo que os constituem. A formação pode ser observada em série de planaltos originados por falhas geológicas.

A constituição petrográfico-mineralógica dêsses arenitos é bastante pobre, pois se constitui quase que exclusivamente de quartzo cimentado por géis de sílica, óxidos de ferro e alumínio mais ou menos hidratados, e, possivelmente, argila. A coloração em geral é rósea ou avermelhada ; encontra-se também a côr creme e branca, conquanto em menor percentagem. Este arenito se destaca facilmente em lages, isto é, possui planos de clivagem geralmente distanciados uns dos outros cerca de 6 a 8 cm (Estampa 6 — A e B). Algumas vêzes, apresentam-se bem friáveis, outras vêzes fortemente cimentados, podendo ser considerados como arenito-quartzítico. Nas zonas de contacto com as eruptivas básicas, apresentam-se fortemente cozidos.

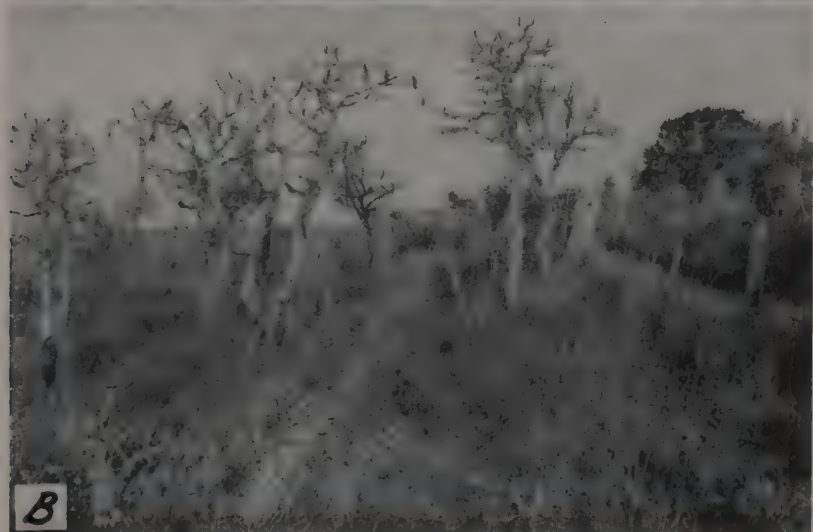
Vegetação natural — Neste grande tipo de solo encontram-se grandes áreas em forma de campo de barba de bode e indaiá (estampa 6-B e 7-A), guabirola, barbatimão, cambará do campo (*Lantana camara* L.), bromeliáceas, etc. mostrando paisagem tipicamente subxerófila. Encontra-se esta paisagem sobretudo na área leste da formação. Já na zona oeste, encontramos vegetação arbórea natural, considerada como "boa mata" primária, onde se encontra grande quantidade de peroba (*Aspidosperma olivaceum* M. Arg.), ipê, (*Tecoma* spp.) etc., dando já idéia de paisagem sub-

(1) Conforme mostra a figura 3, sob a denominação de arenito Botucatú, foram reunidos os solos procedentes das formações Botucatú e Caiuá, que estão mapeadas separadamente na Carta Geológica do Estado de São Paulo.

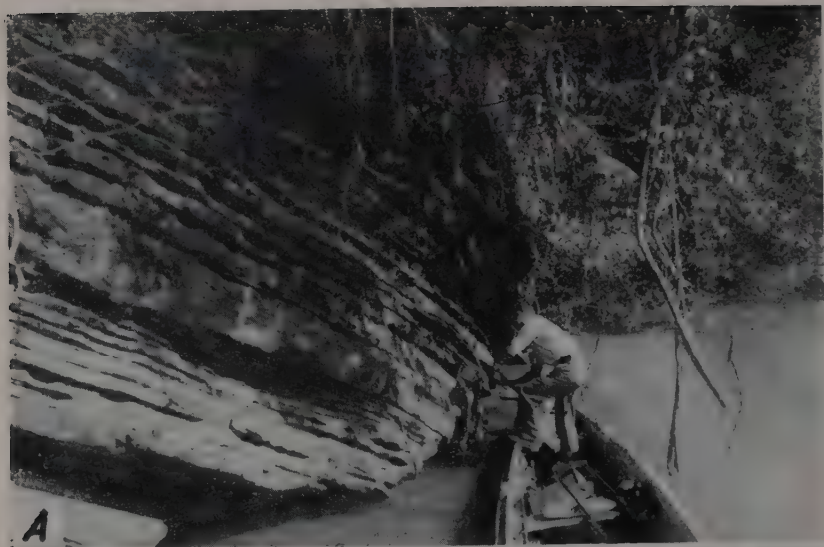
QUADRO 6.—Características químicas do solo tipo Corumbataí. Análises do solo e do complexo coloidal

Camada do solo (profundidade)	Acidez	Carbo- no	Nitro- gênio total	C/N	fona trocáveis em equivalente miligrama, por 100 gramas de solo seco a 110°C										V. (Índi- ce de sa- turação)			
					PO ₄ ⁼⁼					Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Mn ⁺⁺	K ⁺	H ⁺		Al ⁺⁺⁺	S	T-S
					e. mg	e. mg	e. mg	e. mg	m. e.									
0-40 cm	pH 6,0	% 1,0	% 0,15	7	1,10	7,00	1,50	0,05	0,10	4,0	0,3	8,6	4,3	67				
40-80 cm	6,5	0,8	0,08	10	1,00	8,00	1,80	0,02	0,20	3,0	0,2	10,0	3,2	76				
80-150 cm	6,5	0,4	0,05	8	0,80	10,00	2,00	0,02	0,20	3,0	0,2	12,2	3,2	79				

Camada do solo (profundidade)	Análise química do complexo coloidal						
	Em 100 g de solo seco a 110°C			Relação molecular			
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂ /R ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃
0-40 cm	9,0	8,0	6,0	1,3	1,9	4,0	2,1
40-80 cm	10,0	8,0	7,0	1,4	2,1	3,9	1,8
80-150 cm	10,0	8,5	7,0	1,3	2,0	3,9	1,9



Glacial. A—Localização: Gramadinho, Capão Bonito (48°10' W, Gr. 23°50' S) 630 m. Vegetação e topografia típica. Em primeiro plano vê-se *Bromelia fastuosa*. B—Localização: Campinas (47°10'10 W, Gr. 22°55' S); altitude: 600 m. Vê-se a vegetação subxerófila destes solos.



Arenito Botucatu. *A*—Localização: Margem do Rio Paraná (53°05' W. Gr. 22°35' S); altitude: 200 m. Camadas de arenito rosado de granulção uniforme, resistente. *B*—Localização: Analândia, em São Carlos (47°50' W. Gr. 22°05' S); altitude: 800 m. Típica vegetação xerófila. Observa-se a retirada de uma *Attalea Indaya* Drudo.

hidrófila ou, pelo menos, não subxerófitica. A razão provável deste fenómeno está na existência de grandes rios, tais como : o do Peixe, Aguapeí, Tietê, etc., que irrigam melhor essas zonas areníticas. Entretanto, depois das derrubadas, e após exploração agrícola destes solos, não mais tem voltado a vegetação natural, a não ser do tipo subxerófitico.

Perfil do solo — Estes solos, em geral, se mostram de côr clara, cinzenta, amarelada e mesmo avermelhada. São tipicamente arenosos e pobres em matéria orgânica. Nos primeiros 30 cm de solo está em geral distribuída grande parte da matéria orgânica ; por este motivo essa camada é, em geral, acinzentada e mesmo marrom. Abaixo dos 30 cm já se torna amarelada ou avermelhada ; deve-se esta coloração a compostos oxigenados mais ou menos hidratados de ferro. Praticamente, não há diferenciação pedológica de horizontes no perfil deste solo. São originariamente pobres em elementos químicos importantes ao desenvolvimento das plantas. Segundo a análise química, o arenito eólico (rocha-mater deste tipo de solo) é paupérrimo em potássio, cálcio, magnésio e fósforo.

São solos bastante profundos, muito permeáveis à água. Por este motivo, o lençol d'água, no geral, está a grande profundidade, permitindo a esses solos manter apenas vegetação subxerófitica. São também solos quimicamente pobres em elementos trocáveis e em elementos no estado potencial. Não se notam, na análise mineralógica das frações areia grossa e areia fina + limo, minerais que possam fornecer às plantas : potássio, cálcio, fósforo, magnésio, etc. No quadro 7, são dados os resultados de uma análise química média do perfil de solo em questão (5).

A fração argila desses solos é constituída essencialmente por caolinita, hidrargilita e quartzo. Em 100 g da fração argila, são encontrados cerca de 50% de caolinita, sendo o restante constituído pelos outros dois componentes. Estas determinações qualitativas foram executadas por meio de radiografia (método de Debeye-Scherrer) (4). Como se vê pela análise mecânica (quadro 8) e pelas demais determinações físicas, este solo é tipicamente arenoso (6). As estampas 6-A e B e 7-A mostram vistas típicas desses solos. Além de excessivamente arenosos, as partículas de quartzo são bastante arredondadas pelo trabalho eólico, o que muito facilita o fenómeno da erosão. São solos bastante indicados para receber o reflorestamento com eucaliptos.

Culturas principais — Algodão e milho (*Zea mays* L.).

7 - TERRA ROXA LEGÍTIMA

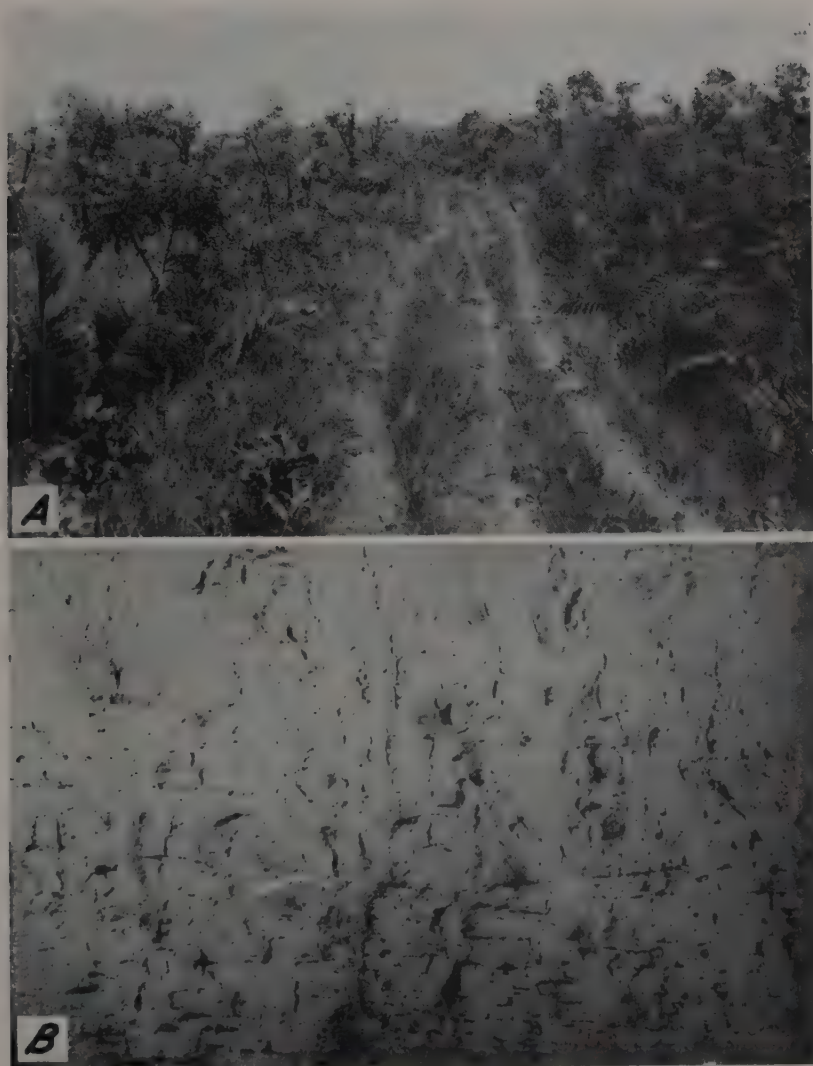
Área — Foram estudados cerca de 1.700.000 hectares de terra roxa legítima, ou sejam, cerca de 7,3% da área total do Estado de São Paulo.

Topografia — Esse grande tipo de solo possui topografia, em geral, amena ; entretanto, em alguns pontos do Estado, encontramos encostas mais ou menos acidentadas. A altitude varia entre 480 e 900 m acima do nível do mar, grande parte, porém, está situada entre 500 e 700 m.

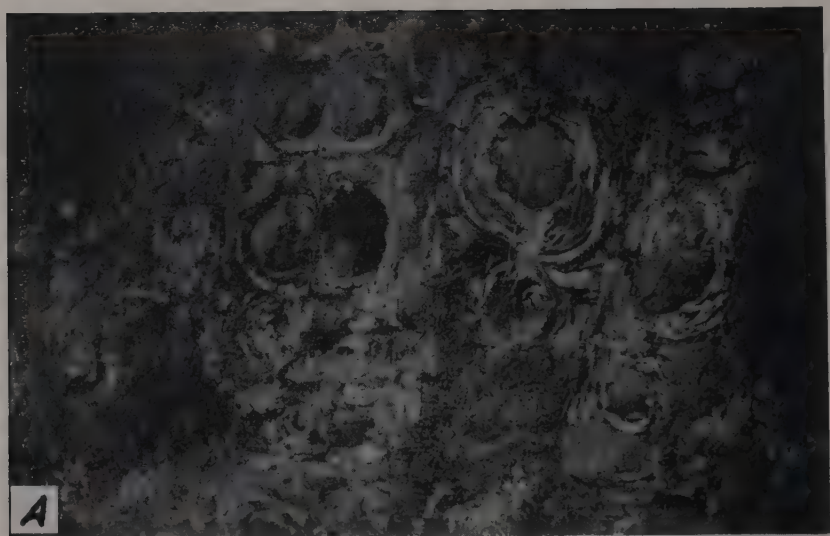
QUADRO 7.—Características químicas do solo tipo arenito Botucatu. Análises do solo e do complexo coloidal

Camada do solo (profundidade)	Acidez	Carbo- no	Nitro- gênio total	C/N	Íons trocáveis em equivalente miligrama, por 100 gramas de solo seco a 110°C										V.(índi- ce de sa- turaço)
					PO ₄ ⁼⁼	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Mn ⁺⁺	K ⁺	H ⁺	Al ⁺⁺⁺	S	T-S		
	pH	%	%		e. mg	e. mg	e. mg	e. mg	e. mg	e. mg	e. mg	e. m.	e. mg	e. mg	%
0-40 cm	5,0	0,4	0,03	13	0,25	0,80	0,20	0,03	0,08	2,8	0,5	1,11	3,3	25,2	
40-80 cm	5,2	0,2	0,02	10	0,20	0,50	0,10	0,02	0,05	2,5	0,3	0,67	2,8	19,3	
80-150 cm	5,3	0,2	0,02	10	0,15	0,30	0,10	0,01	0,03	2,0	0,2	0,44	2,2	16,7	

Camada do solo (profundidade)	Análise química do complexo coloidal						
	Em 100 g de solo seco a 110°C			Relação molecular			
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂ /R ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃
0-40 cm	θ	θ	θ	0,9	1,3	3,3	2,6
40-80 cm	3,0	4,0	2,5	0,9	1,3	2,9	2,3
80-150 cm	3,0	4,0	2,8	1,5	2,3	4,4	1,9
	4,0	3,0	2,5				



A—Arenito Botucatu. Localização: Analândia, em São Carlos 47°50' W. Gr. 20°05' S); altitude: 800 m. Vegetação subxirófita típica. *B*—Terra roxa legítima. Localização: Botucatu (48°25' W. Gr. 22,55' S); altitude: 530 m. Corte em diabásio decomposto, provavelmente por fenômenos anteriores à época geológica atual.



A — Terra roxa legítima. Localização: Analândia 47°40' W. Gr. 22°05' S.; altitude: 690 m. Decomposição concêntrica do diabásio devido, provavelmente, a fenômenos de intemperismo atual. B — Arenito Bauru. Localização: Marília, Rio do Peixe (49°55' W. Gr. 22°15' S); altitude: 625 m. Observa-se a topografia, típica deste tipo de solo, tendo no fundo uma cultura de café.

Geologia — A idade geológica é a triásica-jurássica. O magma diabásico, ou sejam as eruptivas básicas, são as rochas responsáveis pela origem desse grande tipo de solo e a sua composição mineralógica é variável (3).

A terra-roxa-legítima provém de rochas diabásicas. Contudo, pelos estudos sobre a gênese desse solo, ainda em andamento, podemos subdividi-lo nos dois subtipos :

a) Solos de terra roxa legítima proveniente de produtos de decomposição antiga do magma diabásico, isto é, de fenômenos geológicos, cuja idade é a mesma das erupções básicas.

b) Solos de terra roxa legítima proveniente de produtos de decomposição procedente do intemperismo da época atual.

No primeiro caso, as capas de decomposição mostram, em geral, fenômeno intenso de caolinização, ao passo que no segundo, praticamente, a totalidade do Al_2O_3 está livre e solúvel no HCl concentrado e a quente, e o SiO_2 na forma coloidal. No primeiro, a intensidade da lixiviação tanto das bases como do SiO_2 , foi menor do que no segundo caso.

Para encontrarmos os dois extremos, isto é, a elevada riqueza de bases na rocha viva, e o baixo teor em bases da capa decomposta, como ficou dito acima, bastam apenas cerca de 2 cm de espessura. A análise química dos trocáveis, no material da capa de decomposição, é praticamente idêntica à encontrada em camadas de solo à profundidade de cerca de 2m para baixo.

Vegetação arbórea natural — Jequitibá (*Cariniana* sp.), Peroba (*Aspidosperma olivaceum* M. Arg.), Jangada-branca (*Heliocarpus americanus* L.), Pau d'alho (*Gallesia gorazema* Moq.), Cebolero (*Phytolacca dioica* L.), Araruta (*Centrolobium tomentosum* Benth.), etc. Matas, geralmente consideradas boas e do tipo subhidrófilo.

Perfil do solo — Constitui um perfil autóctone de terra roxa legítima "sui generis", principalmente dada sua grande porosidade que é da ordem de 65 a 70%, embora de composição mecânica quase a ser considerada argilosa.

Sua coloração é bem típica e muito difícil de ser traduzida para outro idioma, a não ser por meio de anotações das tabelas de cores, tais como "Tabela Internacional de cores de Ostwald" ("Übersichtsplan Farbnormenatlas von Wilhelm Ostwald. Verlag Unesma G.m.b.H. Grossbothen-Leipzig"), empregada em nossos trabalhos.

A tradução ao pé da letra da palavra "roxo" para a língua inglesa seria "violet", o que, sem dúvida, não corresponde bem, ou pelo menos não corresponde ao que um desconhecedor poderia esperar de tal tipo de solo, quando o visse pela primeira vez. Na tabela de cores citada, essa cor "roxa" está compreendida entre ng5 para o solo seco e pi6 para o solo úmido, o que talvez corresponda melhor à tradução de marrom-avermelhado. Praticamente, não há variação de cores nas diversas profundidades do perfil. As estampas 7-B e 8-A mostram diabases em decomposição, que dão origem a terra roxa legítima.

São solos em geral muito profundos, podendo-se chegar a 20 m sem encontrar rocha, mesmo semidecomposta.

QUADRO 8.—Características físicas do solo tipo arenito Botucatu. Dados gerais, análise mecânica total e fase líquida

Camada do solo (profundidade)	Massa específica		Porosi- dade natural	Cór do solo (Ostwald)		Areia grossa (2 a 0,2 mm)		Limo (0,2 a 0,002 mm)	
	Real	Aparente		Úmido	Sêco	Pêso	Volume	Pêso	Volume
			%			%	%	%	%
0-40 cm -----	2,60	1,29	50,4	ig 3	ie 3	74,3	37,7	17,9	8,9
40-80 cm -----	2,66	1,29	51,5	ie 5	ie 4	70,2	34,8	18,8	9,0
80-150 cm -----	2,68	1,40	47,8	ie 5	ie 4	61,7	32,2	24,3	12,7

Camada do solo (profundidade)	Argila (< 0,002 mm)		Índice intern. (Buitenzorg)	Umidade de murchamento		Umidade equi- valente		Água capilar máxima	
	Pêso	Volume		Pêso	Volume	Pêso	Volume	Pêso	Volume
	%	%		%	%	%	%	%	%
0-40 cm	7,8	3,8	A.	5,0	6,4	7,3	9,4	10,1	13,0
40-80 cm -----	11,0	5,2	A. B.	5,6	7,2	8,2	10,6	10,7	13,8
80-150 cm	14,0	7,3	A. B.	6,8	9,5	10,0	14,0	11,2	15,7

Quando ainda de posse de sua textura natural, são permeáveis. Entretanto, depois de 20 a 30 anos de cultura, em geral, se forma um horizonte iluvial impermeável, entre 30 e 60 cm de profundidade. Este horizonte não só impede a penetração da água, como também dificulta a penetração das raízes das plantas. A matéria orgânica está em seus 80% distribuída nos primeiros 40 cm de solo; o mesmo acontecendo com as bases trocáveis. Estas vão diminuindo até atingir um teor mais ou menos constante para profundidades maiores do que 2 m e que é da ordem de 1 a 1,5 e.mg por 100 ml de solo natural.

A análise mineralógica revela que, praticamente, não existem mais minerais primários da "rocha mater", a não ser: quartzo em pequena percentagem, isto é, da ordem de 1 a 6%; ilmenita e magnetita. Em parte, talvez, estes minerais sejam de formação secundária. A quase totalidade do material é constituída por cerca de 15% de caolinita; $Al_2O_3 \cdot nH_2O$; $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ e $SiO_2 \cdot nH_2O$. O magnésio e o potássio, além de se encontrarem na forma tipicamente trocável, provavelmente, ainda se apresentam na parte interna dos géis de sílica ou sílica e alumínio, com estrutura talvez já criptocristalina e que facilmente se decompõe por HCl diluído ($\pm 5N$) e a quente (1). O teor em magnésio e potássio neste estado pode atingir até $1\frac{1}{2}$ vezes o teor trocável do elemento respectivo. Pela fluorização, ou seja, pelo ataque total da terra fina, foram obtidos teores em potássio e magnésio representando o dôbro do teor trocável (1).

Quadro 9. — Características químicas do solo tipo terra roxa legítima. Análises do solo e do complexo coloidal

Camada do solo (profundidade)	Acidez	Carbo- lo	Nito- gênio total	C/N	Íons trocáveis em equivalente miligrama, por 100 gramas de solo seco a 110°C									
					P ₂ O ₅	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Mn ⁺⁺	K ⁺	H ⁺	Al ⁺⁺⁺	S	T-S	V. total de sa- turação
	pH	%	%		e. mg	e. mg	e. mg	e. mg	e. mg	e. mg	e. mg	e. mg	e. mg	%
0-40 cm	6,2	2,0	0,18	11	3,00	5,00	0,70	0,02	0,20	6,5	0,3	5,92	6,8	46,5
40-80 cm	6,5	0,9	0,08	12	2,00	3,00	0,50	0,01	0,10	5,0	0,2	3,61	5,2	41,0
80-150 cm	6,5	0,6	0,05	12	1,50	2,00	0,40	0,01	0,10	5,0	0,2	2,51	5,2	32,5

Camada do solo (profundidade)	Análise química do complexo coloidal									
	Em 100 g de solo seco a 110°C			Relação molecular						
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂ /R ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃			
0-40 cm	12,0	24,7	θ	0,4	0,8	1,0	1,2			
40-80 cm	12,0	25,3	34,6	0,4	0,8	0,9	1,2			
80-150 cm	11,0	26,7	34,0	0,4	0,7	0,9	1,2			

Dados químicos — Quando novos, êstes solos são de grande fertilidade e considerados ricos em elementos químicos minerais. O poder sortivo, relativo às bases, provém “in totum” da matéria orgânica. Em solos novos, ou melhor, de recente derrubada, a parte acidóide orgânica está quase totalmente saturada pelas bases ; neste caso, o índice pH é da ordem de 7. O fósforo não orgânico está em grande parte ligado aos hidróxidos mais ou menos hidratados de ferro e alumínio. Baseado em trabalhos já executados e nos ainda em andamento, pode-se admitir que os tipos de ligação entre o PO_4^{---} e os sesquióxidos são os mais diversos possíveis, isto é, desde quantidades infinitesimais solúveis em água até, provavelmente, aos fosfatos de ferro e alumínio, já em estado pelo menos criptocristalino.

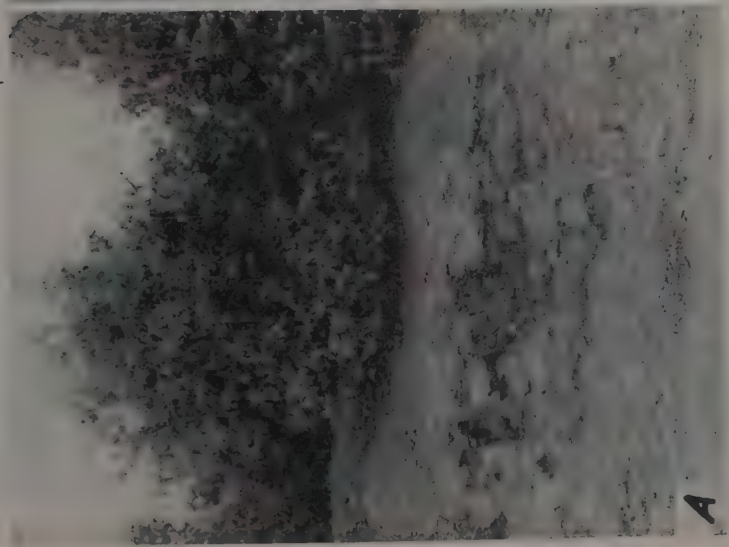
Esta situação faz com que o PO_4^{---} se encontre em todos os gradientes de extração possível, dificultando, assim, a fixação de um método de extração que nos forneça o fósforo mais ou menos assimilável pelas plantas. Análises químicas médias dêste solo podem ser vistas no quadro 9.

Dados físicos — Segundo análise mecânica, êstes solos são classificados como BA, isto é, “barro argiloso”, no quadro internacional de classificação de análise mecânica de Buitenzorg. A textura íntima dos grânulos é tipicamente argilosa, entretanto, no geral, fortemente cimentada, de forma a exigir uma peptização mecânica enérgica. A composição química da fração fina dêstes solos, como dissemos, é essencialmente constituída por óxidos mais ou menos hidratados de ferro e alumínio e sílica coloidal. Trata-se, portanto, de material que, por simples envelhecimento coloidal, possui grande tendência a forte cimentação. Êste estado de cousas dificulta em muito, o estabelecimento de técnica razoável e execução de análise mecânica. É esta dificuldade ainda agravada pela grande instabilidade da suspensão, pois a facilidade em flocular é imensa. Êste problema tem sido em parte resolvido usando-se como peptizantes : carbonato de amônio (7), silicato de sódio e mesmo eletrólitos coloidais orgânicos. A peptização é, no geral, facilitada usando um pistilo de borracha, para desfazer os grânulos secundários. No quadro 10, que reproduz alguns dados físicos, podemos observar quão interessante é a massa específica real e aparente dêsse grande tipo de solo. Não há outro no Estado que apresente porosidade tão grande como êste ; observam-se em perfis autóctones, comumente, 70% de poros, ou sejam 30% somente de “fase sólida”. Isso faz necessário o estabelecimento de métodos especiais para os testes físicos. Tanto é assim que, no geral, não podem ser aplicadas a êsses solos as teorias encontradas sobretudo na literatura européia e americana. Isto, máxime nos problemas de água no solo (6).

Culturas importantes — Café (*Coffea arabica* L.), cana (*Saccharum* sp.), milho, algodão, amendoim (*Arachis hypogaea* L.).

8 - SOLO ARENITO DE BAURU

Área — A área dêsse grande tipo de solo no Estado compreende 6.200.000 hectares, perfazendo cerca de 25,1% da área total.

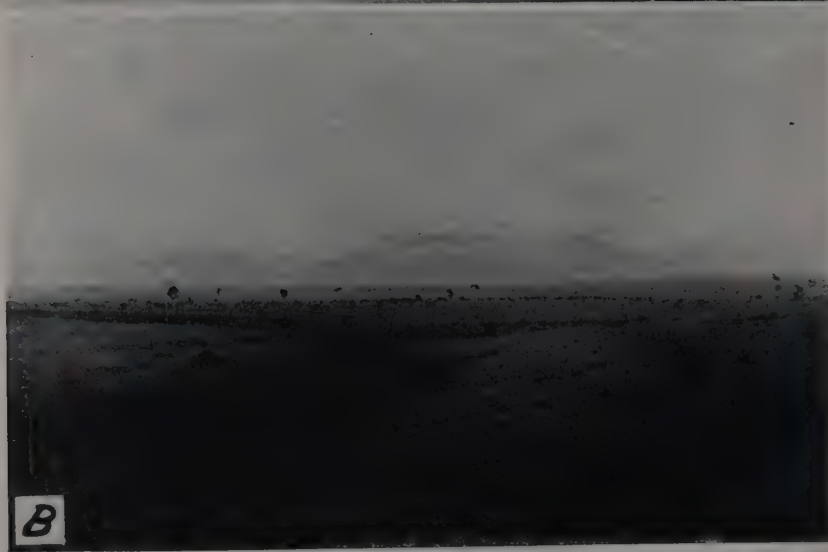


A



B

Aronito Bauru. *A*—Localização: Olímpia, Rio Cachoeira (48°55' W. Gr. 20°4' S); altitude: 40 m; solo pouco profundo. *B*—Observam-se as raízes penetrando nas fendas da rocha.



Terciário. *A*—Localização: Pindamonhangaba (45°25' W. Gr. 22°45' S); altitude: 560 m. Antigo cafézal, atualmente pastagem. *B*—Localização: Lorena, Cachoeira Paulista (45°05' W. Gr. 22°40' S); altitude: 530 m. Pastagem com capim gordura, exploração típica da região. Ao fundo, a Serra da Mantiqueira.

QUADRO 10.—Características físicas do solo tipo terra roxa legítima. Dados, análise mecânica total e fase líquida

Camada do solo (profundidade)	Massa específica		Porosi- dade natural	Côr do solo (Ostwald)		Areia grossa (2 a 0,2 mm)		Limo (0,2 a 0,002 mm)	
	Real	Aparente		Úmido	Sêco	Pêso	Volume	Pêso	Volume
			%			%	%	%	%
0-40 cm -----	2,94	1,02	65,2	pi 6	pi 7	11,0	3,8	56,3	19,6
40-80 cm -----	3,01	0,97	67,8	pg 7	pg 8	13,0	4,2	47,2	15,2
80-150 cm -----	3,03	0,98	67,7	pg 7	pg 8	10,4	3,2	44,9	14,0

Camada do solo (profundidade)	Argila (< 0,002 mm)		Índice intern. (Buitenzorg)	Umidade de murchamento		Umidade equi- valente		Água capilar máxima	
	Pêso	Volume		Pêso	Volume	Pêso	Volume	Pêso	Volume
	%	%		%	%	%	%	%	%
0-40 cm -----	32,7	11,2	L. Arg.	17,8	18,1	26,2	26,7	35,0	35,7
40-80 cm -----	39,8	12,5	B. L.	17,7	17,2	26,1	25,3	37,0	35,9
80-150 cm -----	44,7	14,4	B. L.	17,9	17,5	26,3	25,8	38,0	37,2

Topografia — É, no geral, de topografia regular, entretanto apresenta, em certos pontos do Estado, paredões abruptos com desníveis até de 200 m. As altitudes oscilam entre 400 e 750 m acima do nível do mar.

Geologia — Provém este grande tipo de solo do arenito Bauru-Cretáceo (Estampas 8-B e 9-A e B), de deposição flúvio-lacustres. A composição mineralógica do arenito Bauru é essencialmente representada por quartzo. Dentre os minerais acessórios podemos citar: magnetita, ilmenita, granada, rutila, turmalina, piroxênio, calcedônia, opala e limonita. A área dessa formação geológica é bem irregular em contraste com as demais; sua espessura é de 50 m, aproximadamente. A irregularidade dessa formação é, sobretudo, devida aos vales de erosão formados pelos rios do Peixe, Aguapeí, Tietê e São José dos Dourados.

Vegetação arbórea natural — Guarantã (*Esenbeckea leocarpa* Engl.), urundiuva (*Astronium urundeuva* (alb), Engl), peroba (*Aspidosperma olivaceum*, M. arg.), paudalho (*Gallesia gorazema* maq.), etc.; matas essas contendo boa percentagem de madeiras de lei.

Perfil do solo — Este grande tipo de solo é, no geral, essencialmente arenoso. A matéria orgânica está distribuída nos primeiros 40 cm de solo. Sua cor é geralmente clara, acinzentada escura ou avermelhada. A matéria

QUADRO 11.—Características físicas do solo do tipo arenito Bauru. Dados, análise mecânica total e fase líquida

Camada do solo (profundidade)	Massa específica		Porosi- dade natural	Côr do solo (Ostwald)		Areia grossa (2 a 0,2 mm)		Limo (0,2 a 0,002 mm)	
	Real	Aparente		Úmido	Sêco	Pêso	Volume	Pêso	Volume
			%			%	%	%	%
0-40 cm -----	2,63	1,34	49,0	pi 4-1 i 5	ng 5	62,2	31,6	30,7	15,9
40-80 cm -----	2,64	1,40	46,7	ng 5	le 5	54,1	28,5	32,5	17,5
80-150 cm -----	2,65	1,41	46,6	le 5	le 4	49,5	26,4	35,8	18,6

Camada do solo (profundidade)	Argila (< 0,002 mm)		Índice intern. (Buitenzorg)	Umidade de murchamento		Umidade equi- valente		Água capilar máxima	
	Pêso	Volume		Pêso	Volume	Pêso	Volume	Pêso	Volume
	%	%		%	%	%	%	%	%
0-40 cm -----	7,1	3,7	A. L.	5,6	7,5	8,2	11,0	17,0	22,8
40-80 cm -----	13,3	7,1	A. L.	7,9	11,0	11,6	16,2	18,0	25,2
80-150 cm -----	14,7	7,7	B. A.	9,9	14,0	14,6	20,6	20,0	28,2

orgânica e os compostos mais ou menos hidratados de ferro são os responsáveis pela coloração destes solos. Abaixo de 40 cm, o perfil pode apresentar uma camada mais ou menos argilosa, isto é, um horizonte iluvial mais ou menos denso, o qual pode chegar a prejudicar o desenvolvimento profundo das raízes das plantas. A profundidade deste horizonte pode, entretanto, variar bastante.

A fração argila é essencialmente constituída por caolinita, estando também presente o quartzo, e, em pequena percentagem, um tipo de argila montmorilonítica. Estas observações foram obtidas por espectros radiográficos. Ainda na fração argila encontram-se óxidos mais ou menos hidratados de ferro e de alumínio, variando bastante percentualmente.

É interessante notar-se a presença do tipo montmorilonítico na "fração argila" destes solos. Provavelmente originaram-se de produtos cineríticos vulcânicos que fazem parte do material de cimentação do arenito Bauru-Cretáceo.

São solos, em geral, profundos e permeáveis; entretanto, casos há em que o arenito quase aflora. (Estampas 8-B e 9-A e B).

São facilmente erosáveis, principalmente quando cultivados com plantas anuais, tais como o algodão (2). Devem sempre ser protegidos, por todos os meios, contra esses danos. O quadro 11 reproduz alguns dados físicos médios desse grande tipo de solo (6).

QUADRO 12.—Características químicas do solo tipo arenito Bauru. Análises do solo e do complexo coloidal

Camada do solo (profundidade)	Acidez	Carbo- no	Nitro- gênio total	C/N	Ions trocáveis em equivalente miligrama, por 100 gramas de solo seco a 110°C										V. (Indi- ce de sa- turação)
					PO ₄ [≡]	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Mn ⁺⁺	K ⁺	H ⁺	Al ⁺⁺⁺	S	T-S		
														e. mg	
0-40 cm	6,5	1,0	0,10	10	0,30	5,00	0,70	0,05	0,20	3,0	0,3	5,95	3,3	64,3	
40-80 cm	6,5	0,3	0,05	6	0,20	4,00	0,70	0,03	0,15	3,0	0,4	4,88	3,4	58,9	
80-150 cm	6,0	0,2	0,03	7	0,10	13,00	0,70	0,02	0,20	4,0	0,5	3,92	4,5	46,5	

Camada do solo (profundidade)	Análise química do complexo coloidal						
	Em 100 g de solo seco a 110°C			Relação molecular			
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂ /R ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃
0-40 cm	5,0	4,0	3,0	1,4	2,1	4,4	2,0
40-80 cm	8,0	7,0	3,0	1,5	1,9	7,0	3,6
80-150 cm	12,0	8,0	3,0	2,0	2,5	10,5	4,1

Dados químicos — Quando novos, são regularmente ricos em elementos trocáveis e mesmo no estado potencial.

Hoje em dia, as grandes produções de café e algodão do Estado de São Paulo, provêm desses solos. São, contudo, considerados solos de fertilidade efêmera, necessitando logo de adubações maciças de matéria orgânica e adubos minerais (quadro 12).

Culturas principais — Assentam-se nesses solos cerca de 70% de nossa cultura cafeeira e cerca de 80% de nossa cultura algodoeira, além de boa parte da cultura de arroz (*Oryza sativa* L.) e milho.

9 - SOLO TERCIÁRIO

Área — Abrange cerca de 350.000 hectares, ou seja, 1,4% da área total do Estado.

Topografia — Solo regularmente ondulado, mostrando, em certas áreas, topografia levemente acidentada. A altitude varia entre 500 e 780 m acima do nível do mar (Estampa 10-A e B).

Geologia — Tem este grande tipo de solo sua origem em folhelhos, argilitos e arenitos da formação geológica terciária (Taubaté). A análise petrográfica mostra escassez em minerais potássicos e cálcicos. A fração argila, proveniente de folhelhos, é de constituição complexa. Estão presentes: caolinita, ilita (ou hidromica ou argila X) e quartzo. Ainda essa mesma argila possui intensa propriedade tixotrópica. Nesta mesma argila encontram-se pequenos cristais poliédricos amarelo-avermelhados, sendo provavelmente granadas. O diâmetro médio desses cristais é da ordem de 0,1 a 0,2 mm.

Vegetação natural — Mata regular subhidrófila, de porte médio.

Perfil do solo — São solos que, na maioria das vezes, mostram coloração amarelada ou avermelhada. Os compostos oxigenados e hidratados de ferro são responsáveis por essa coloração, segundo sua composição mecânica; tendem para o tipo argiloso; e possuem pequena permeabilidade à água (Estampa 9-A e B). As diversas constantes químicas e físicas são melhor observadas nos quadros 13 e 14.

Culturas — Grandes pastagens; algum café; milho e diversas outras pequenas culturas.

10 - BAIXADAS

Área — Foram estudados no Estado de São Paulo cerca de 450.000 hectares de solo do tipo baixadas.

Este grande tipo, genericamente denominado baixadas, constitui os solos essencialmente aluvionais e, por conseguinte, bastante heterogêneos. Estão incluídas aí, todas as aluviões, sejam desta ou daquela formação geológica. Há, assim, baixadas argilosas; baixadas ricas em matéria orgânica.



Baixadas. *A*—Localização: Tremembé - Pindamonhangaba ($45^{\circ}30'$ W. Gr. $22^{\circ}55'$ S); altitude: 550 m; canal de irrigação para cultura de arroz. *B*—Localização: Eugênio de Melo ($45^{\circ}45'$ W. Gr. $23^{\circ}10'$ S); altitude: 570 m. Várzea do Rio Paraíba preparada para cultura de arroz.



Baixadas. *A*—Localização: Tremembé - Pindamonhangaba (45°30' W. Gr. 22°55' S); altitude: 550 m. Baixada típica, rica em matéria orgânica bastante mineralizada (cêrea de 38% C). Notam-se grandes fendas em virtude do ressecamento do solo. *B*—Vale do Paraíba. Solo argiloso denominado "Taguá", na região; é considerado o melhor solo para arroz. Altitude: 530 m. Acidez: pH = 4,6. Solo rico em potássio.

QUADRO 13. — Características físicas do solo do tipo Terciário. Dados, análise mecânica total e fase líquida.

Camada do solo (profundidade)	Massa específica		Porosi- dade natural	Côr do solo (Ostwald)		Areia grossa (2 a 0,2 mm)		Limo (0,2 a 0,002 mm)	
	Real	Áparente		Úmido	Sêco	Pêso	Volume	Pêso	Volume
			%			%	%	%	%
0-40 cm -----	2,61	1,33	48,8	ni 3	lg 3	45,6	22,8	38,1	19,0
40-80 cm -----	2,62	1,32	49,8	il 4	gc 4	38,7	19,6	35,0	14,7
80-150 cm -----	2,64	1,28	51,8	le 4	ic 4	34,1	16,5	32,1	14,6

Camada do solo (profundidade)	Argila (< 0,002 mm)		Índice intern. (Buitenzorg)	Umidade de murchamento		Umidade equi- valente		Água capilar máxima	
	Pêso	Volume		Pêso	Volume	Pêso	Volume	Pêso	Volume
	%	%		%	%	%	%	%	%
0-40 cm -----	16,3	8,0	B. A.	10,6	14,1	15,6	20,7	26,5	35,2
40-80 cm -----	26,3	12,9	B. A.	12,8	16,9	18,9	24,9	28,4	37,5
80-150 cm -----	33,5	16,0	B	14,7	18,8	21,6	27,6	30,4	38,9

nica ; algumas, já bastante mineralizadas ; outras, relativamente arenosas, etc.. Como característico único e comum, possuem, exclusivamente, sua formação aluvional. Na figura 3 estão demarcadas as áreas de baixadas importantes (Estampas 11-A e B ; 12-A e B).

Constituem, no geral, solos férteis, conquanto ainda relativamente pouco explorados entre nós.

Culturas principais — Arroz, batatinha (*Solanum tuberosum* L.), hortaliças, floricultura e mais um sem número de outras pequenas culturas.

11 - TERRA ROXA MISTURADA

Provém êste grande tipo de solo de misturas, em proporções várias, entre o tipo arenito Botucatu e o terra roxa legítima.

As suas áreas circunscrevem, no geral, as de terra roxa legítima. Consideramos terra roxa misturada aquêlo solo que, pela análise mineralógica, contém entre 10 e 60% de quartzo, isto é, nas frações : areia grossa (2 a 0,2 mm) + areia fina e limo (0,2 a 0,002 mm).

Acima de 60% de quartzo, nessas frações da análise mecânica, já o solo é classificado como arenito Botucatu. As constantes mineralógico-petrográficas, físicas e químicas da terra roxa misturada, encontram-se,

QUADRO 14.—Características químicas do solo tipo Terciário. Análises do solo e do complexo coloidal

Camada do solo (profundidade)	Acidez	Carbo- no	Nitro- gênio total	C/N	Íons trocáveis em equivalente miligrama, por 100 gramas de solo seco a 110°C										V. (Índi- ces de sa- turação)
					PO ₄ [≡]	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Mn ⁺⁺	K ⁺	H ⁺	Al ⁺⁺⁺	S	T-S		
	pH	%	%		e. mg	e. mg	e. mg	e. mg	e. mg	e. mg	e. mg	e. mg	e. mg	e. mg	%
0-40 cm	4,5	1,0	0,12	8	0,60	1,50	0,50	0,01	0,12	8,0	2,2	2,13	10,2	17	
40-80 cm	4,6	0,6	0,08	7	0,50	1,00	0,40	0,01	0,08	7,0	2,0	1,49	9,0	14	
80-150 cm	4,7	0,3	0,07	4	0,40	1,00	0,40	0,01	0,12	6,0	1,5	1,53	7,5	17	

Camada do solo (profundidade)	Análise química do complexo coloidal									
	Em 100 g de solo seco a 110°C					Relação molecular				
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂ /R ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃
0	0	0	0	2,3	2,9	10,5	3,6	10,5	3,6	3,6
0-40 cm	12,0	7,0	3,0	2,3	2,9	10,5	3,6	10,5	3,6	3,6
40-80 cm	16,0	10,0	4,0	2,2	2,7	10,6	3,9	10,6	3,9	3,9
80-150 cm	17,0	10,0	4,0	2,3	2,9	11,3	3,9	11,3	3,9	3,9



FIGURA 3. — Mapa dos grandes tipos de solo do Estado de São Paulo.

portanto, entre os dois grandes tipos de solo, terra roxa legítima e arenito Botucatu, dependendo da maior ou menor contribuição de um ou de outro tipo.

Podemos estimar a área dêste grande tipo de solo em cerca de 2.000.000 de hectares. Infelizmente, ainda não é possível seu mapeamento, motivo pelo qual se encontra na figura 3, fazendo parte do tipo arenito Botucatu.

RESUMO

Êste trabalho sucinto sôbre os solos do Estado de São Paulo, é o resultado de 15 anos de estudos. Foram feitos nesse espaço de tempo, mais de 80.000 km de excursões pelo Estado ; coletados cerca de 700 perfis de solo, com suas várias camadas e compreendendo profundidades entre 1,5 e 5,0 m. Foram tomadas mais de 20.000 amostras superficiais (até 40 cm) de solo ; mais de 4.000 amostras de rochas e cerca de 6.000 fotografias.

A superfície estudada, envolve cerca de 24.700.000 ha e está situada entre as latitudes sul de 19°50' e 25°10' e entre as longitudes (seg. Greenwich) de 44°10' e 53°10'. As altitudes variam entre 3 e 1.700 m acima do nível do mar.

Neste trabalho básico, inicial, dividimos o Estado em 10 grandes tipos de solo que se acham bastante relacionados com a petrologia em geral. A descrição dêsses 10 grandes tipos, segue a ordem cronológica decrescente, segundo as formações geológicas. Começamos pelos solos provenientes de rochas arcaicas, tais como gnaisses, granitos, etc. Damos, em geral, as características físicas e químicas, assim como geologia e análise mineralógica das frações : areia fina e areia grossa, dêsses grandes tipos de solo.

No trabalho são mencionadas as áreas de cada tipo de solo existente no Estado de São Paulo, as culturas principais e a vegetação nativa. Comentam-se, também rapidamente, a erodibilidade dêsses solos e as suas características morfológicas. Incluem-se também fotografias típicas dos principais tipos de solo, bem como três mapas, o primeiro mostrando os caminhos principais percorridos nas excursões ; o segundo, os locais de retirada de amostras e o terceiro, o mapa dos 10 grandes tipos de solo do Estado de São Paulo.

S U M M A R Y

The main soil types of the State of São Paulo, Brazil, were studied during the last 15 years and their general description is presented in this paper. Over 80,000 km of field excursions were made in order to collect approximately 4,000 rock samples, 700 profiles from depths varying from 1.5 to 5.0 m, 20,000 shallow samples and about 6,000 photographs.

The soil types studied cover an area of 24,700,000 ha, located between the latitudes 19° 50' and 25° 10' South, and the longitudes 44° 10' and 53° 10' West (Greenwich), the altitude varying from 3m to 1,700 m above sea level. For this area the temperature range in the dry winter season (May to July) is from 0° to 25°C and in the rainy summer months (November to February), from 18° to 30°C. The rainfall varies from 2,000 to 3,000 mm (along the coast) and from 1,000 to 1,800 mm in the plateau.

The following ten main soil types were described : *massapé salmourão*, *devoniano*, *glacial*, *corumbataí*, *arenito Botucatu*, *roxa legítima*, *arenito Bauru*, *terciário*, *baixadas*, and *roxa misturada*, and their locations are given in fig. 3.

For the ten soil types, determination of physical and chemical properties were made and presented in tables 1 to 14. General information is also given on the specific area, geological origin, topography, native vegetation, and main crops grown in each one of the soils studied.

LITERATURA CITADA

1. **Catani, R. A. e A. Küpper.** As formas "trocável" e fixa dos cátions K^+ , Ca^{++} e Mg^{++} nos solos do Estado de S. Paulo. *Bragantia* **9** : 185-192. 1949.
2. **Grohmann, F. e R. A. Catani.** O empobrecimento causado pela erosão e pela cultura algodoeira no solo arenito Bauru. *Bragantia* **9** : 125-132. 1949.
3. **Gutmans, M.** Rochas-mater da terra roxa. *Bragantia* **3** : 271-322. 1943.
4. **Paiva Neto, J. E. de.** A "fração argila" dos solos do Estado de S. Paulo e seu estudo roentgenográfico. *Bragantia* **2** : 355-432. 1942.
5. **Paiva Neto, J. E. de, R. A. Catani, M. S. Queiroz e A. Küpper.** Contribuição ao estudo dos métodos analíticos e de extração para a caracterização química dos solos do Estado de S. Paulo. *Rev. Agr. Piracicaba* **21** : 417-458. 1946.
6. **Paiva Neto, J. E. de e W. De Jorge.** Estudo preliminar do sistema água-solo-planta no Estado de S. Paulo. *Bragantia* **7** : 133-150. 1947.
7. **Puri, A. N.** The ammonium carbonate method of dispersing soils for mechanical analysis. *Soil Sci.* **39** : 263-270. 1935.

A EXTRAÇÃO DO MANGANÊS E SUAS FORMAS DE OCORRÊNCIA EM ALGUNS SOLOS DO ESTADO DE SÃO PAULO

R. A. CATANI *engenheiro agrônomo, Secção de Agrogeologia Instituto Agrônomo de Campinas* e J. ROMANO GALLO, *engenheiro-agrônomo.*

1 - INTRODUÇÃO

O manganês é um elemento exigido em quantidade relativamente pequena pelos vegetais, onde sua concentração não atinge mais do que alguns centésimos por cento de Mn, no material seco a 110°C. Entretanto, apesar de ser um "elemento menor" ou "micronutridor", as funções desenvolvidas no organismo vegetal, conferem a êsse elemento o caráter de indispensável na fisiologia das plantas. Dentre as funções que o manganês desempenha nos fenômenos fisiológicos vegetais, a sua influência na síntese da clorofila e nos sistemas de óxido-redução parecem ser as mais importantes.

No solo, as formas de ocorrência do manganês e a disponibilidade das diversas formas às plantas, apesar de muito estudadas, não estão, ainda, bem esclarecidas. Assim, de acôrdo com os dados apresentados por alguns autores (3) e (4), pode-se concluir que o manganês, além da forma "trocável" e "não trocável", no estado divalente, pode ocorrer na forma de óxidos hidratados em estados de oxidação mais avançados. Existiria, portanto, no solo, manganês na forma de Mn^{++} "trocável" e Mn^{++} "não trocável", óxidos do tipo MnO e tôdas as formas entre Mn_2O_4 e MnO_2 . Tôdas as citadas formas estariam em equilíbrio dinâmico (4).

Os microrganismos podem oxidar o manganês divalente para estados de oxidação mais elevados quando o pH do meio é maior que 5,5, e a oxidação torna-se rápida em solos bem arejados e com pH entre 6,0 e 7,5. De outro lado, os óxidos de valência elevada podem ser reduzidos, quer pela ação da matéria orgânica, quer por processos biológicos. A matéria orgânica age como redutor, provávelmente em pH baixos, ao passo que os processos biológicos de redução têm lugar em qualquer pH, desde que a tensão de oxigênio do meio seja baixa.

Fujimoto e Sherman (3) apresentaram um ciclo do manganês no solo mais simples e que pode ser resumido da seguinte maneira: O MnO e MnO_2 representam, respectivamente, o estado inicial e final de oxidação do manganês no solo. Essas duas formas são interconvertíveis de acôrdo com o potencial de óxido-redução do meio. Outros compostos poderiam se formar pela hidratação do MnO e MnO_2 e posterior associação dos óxidos hidratados, resultando produtos intermediários do tipo $(MnO)_x (MnO_2)_y (H_2O)_z$.

Estas formas intermediárias, por perda de água, seriam transformadas em MnO e MnO_2 , regenerando os compostos primitivos.

Como se observa, as formas de ocorrência de manganês no solo são relativamente complexas, o que determina certas dificuldades na extração do teor "trocável". A maioria dos autores já reconheceu este fato e Coppenet (2) resumiu muito bem a situação, denominando de "manganês libertado pela técnica de obtenção de bases trocáveis" ao teor extraído com a solução de acetato de amônio, com $pH=7,00$.

A disponibilidade das diversas formas de manganês (divalente) "trocável" e "não trocável", óxidos superiores hidratados, às culturas não está ainda bem conhecida. Além do manganês solubilizado pela técnica de extração do "trocável", os vegetais podem absorver parte da fração que está na forma de óxidos hidratados superiores.

No Estado de São Paulo já foram estudados vários aspectos do manganês no solo (7) e o presente trabalho constitui mais uma contribuição a este assunto.

O objetivo principal deste estudo foi verificar a capacidade de extração do manganês do solo por diversos compostos, tais como: acetato de magnésio, nitrato de magnésio, nitrato de sódio, nitrato de potássio, nitrato de cálcio, ácido nítrico etc., a fim de esclarecer as formas de ocorrência desse elemento nos solos do Estado.

2 - MATERIAL ESTUDADO

As amostras estudadas representam a primeira camada de solo de oito perfis de três dos grandes tipos de solo do Estado de São Paulo, cujas características mais importantes estão reunidas no quadro 1. As amostras P-402a, P-409a e P-465a representam o tipo de solo terra-roxa legítima, procedente de diabase. As amostras P-510a e P-530a representam o tipo de solo massapé-salmourão procedente de gnaiss. A amostra P-524a está representando o tipo de solo massapé-salmourão, apesar de ser proveniente de anfíbolito. As amostras P-534a e P-541a são do solo arenito Bauru, oriundo da rocha sedimentar denominada arenito Bauru.

A 1.ª coluna do quadro 1 indica o tipo de solo e o número da amostra. Assim P-402a, representa a primeira camada de solo do perfil registrado na Seção de Agrogeologia com o número 402. A 2.ª, 3.ª e 4.ª colunas indicam a textura das amostras em estudo, de acordo com a classificação internacional (areia grossa, partículas entre 2 a 0,2 mm; areia fina e limo, partículas entre 0,2 e 0,002 mm; argila, partículas menores que 0,002 mm). Na 5.ª coluna está representado o pH internacional (1 parte em peso para 2,5 partes em volumes de água destilada). Na 6.ª e 7.ª colunas aparecem os teores totais em carbono e nitrogênio, respectivamente. Finalmente, na 8.ª, 9.ª, 10.ª e 11.ª colunas é apresentado o teor "trocável" em potássio, cálcio, magnésio e hidrogênio, respectivamente.

QUADRO 1.—Principais características físico-químicas e mecânicas dos solos estudados

Amostras de solo	Areia grossa	Areia fina + limo	Argila	pH internacional	Teor total		Teor "troçável" em 100 g de solo seco a 110°C			
					C	N	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	H ⁺
TERRA ROXA LEGÍTIMA	%	%	%		%	%	emg	emg	emg	emg
P-402a -----	11,9	49,6	38,5	6,10	2,17	0,217	0,37	7,19	1,91	8,58
P-409a -----	19,3	48,2	32,5	6,90	2,77	0,309	0,52	12,10	1,99	7,90
P-465a -----	3,0	61,0	36,0	6,30	2,04	0,159	0,17	7,51	n.d.	14,25
MASSAPÉ-SALMOURÃO										
P-510a -----	42,2	44,3	13,5	6,30	1,79	0,147	0,21	5,55	1,15	9,50
P-524a -----	33,8	46,2	20,0	6,75	1,77	0,182	0,33	12,37	1,07	3,50
P-530a -----	32,5	50,7	16,8	6,60	1,37	0,137	0,45	6,00	2,80	2,80
ARFNITO BAURU										
P-534a -----	45,9	49,8	4,3	7,40	0,89	0,077	0,19	7,23	0,99	3,75
P-541a -----	54,5	40,2	5,3	6,70	0,43	0,036	0,18	1,63	0,45	5,31

3 - MÉTODOS ADOTADOS

3.1 - EXTRAÇÃO DO MANGANÊS DO SOLO E SOLUÇÕES EXTRATORAS

A extração do manganês do solo foi, na maioria dos casos, executada por percolação e, em apenas um caso, por ataque enérgico com uma mistura de ácido sulfúrico e ácido nítrico, conforme será explicado adiante. A extração por percolação foi conduzida usando a técnica e materiais já descritos (6). Em alguns casos, 10 g de terra foram submetidas a duas extrações sucessivas por percolação com 100 ml cada vez, da solução extratora. Em outros, foi executada apenas uma extração com 100 ml da solução extratora.

As soluções empregadas para a extração do manganês por percolação foram as seguintes: solução normal de acetato de amônio com pH=7,00; solução normal e meio normal de nitrato de sódio; solução normal e meio normal de nitrato de potássio; solução normal e meio normal de nitrato de magnésio; solução normal de acetato de magnésio, com pH=7,00; solução normal de nitrato de cálcio, com pH=7,00; solução normal de acetato de amônio contendo 0,4% de hidroquinona e com pH=7,00; solução de ácido nítrico 0,01, 0,05 e 0,2 normal.

A solução normal de acetato de amônio, com pH=7,00, foi usada porque constitui a solução referência na extração dos íons na forma "troçável". As soluções dos sais de sódio, potássio, cálcio e magnésio foram empregadas para comparar a eficiência das mesmas, na extração do man-

ganês do solo, em relação à solução de acetato de amônio. O uso da solução normal de acetato de amônio, contendo 0,4% de hidroquinona e com pH = 7,00, teve como finalidade verificar a presença de manganês, com valência maior que 2, na forma de óxidos hidratados. Os teores obtidos com esta solução têm sido denominados de "óxido mangânico altamente reativo" (4) e também "manganês ativo" (8). As soluções de ácido nítrico 0,01, 0,05 e 0,2 normal foram empregadas com o fito de estudar o efeito de teores relativamente elevados de íons hidrogênio sobre a solubilização do manganês do solo. Finalmente, a extração com a mistura de H_2SO_4 (1+1) e HNO_3 foi feita para se ter uma indicação da reserva de manganês das amostras estudadas.

A extração por meio de um ataque enérgico com ácido sulfúrico e ácido nítrico foi feita do seguinte modo: 1 g de terra foi transferido para um balão de Kjeldahl de 100 ml. Foram adicionados 10 ml de H_2SO_4 (1+1), 5 ml de HNO_3 e o material foi atacado durante 1 hora na chama. Em seguida, foram acrescentados 20-30 ml de água destilada, aqueceu-se ligeiramente, filtrou-se para balão de 100 ml e completou-se o volume depois de frio.

3.2 - DETERMINAÇÃO COLORIMÉTRICA DO MANGANÊS, USANDO O ELETROFOTÔMETRO "FISHER".

O manganês na forma divalente, Mn^{++} , foi transformado em MnO_4^- , mediante a ação oxidante do persulfato de amônio, sob a influência catalítica do nitrato de prata (9) e à temperatura de 75-85°C.



O íon MnO_4^- comunica à solução uma coloração violeta e sua intensidade foi determinada por fotometria. No presente trabalho foi usado o eletrofotômetro "Fisher", provido de duas células fotoelétricas, cuja aferição foi feita por meio de soluções contendo 2,0, 4,0, 8,0, 16,0, 24,0, 32,0 e 40,0 equivalentes microgramas de manganês por 100 ml de solução, que correspondem a 0,55, 1,1, 2,2, 4,4, 6,6, 8,8 e 11,0 ppm de manganês, respectivamente.

Os volumes da solução de permanganato de potássio 0,010 normal foram transferidos para balões de 100 ml, mediante uma bureta aferida. Foram adicionados 3 ml de H_2SO_4 (1+3), e uma solução de metabissulfito de sódio a 5%, gota a gota, até descorar o permanganato. Depois, foram acrescentados 2 ml de HNO_3 , 5 ml de solução de AgNO_3 a 4% e os balões foram colocados em banho-maria a 75-85°C. Adicionaram-se 10 ml de solução de persulfato de amônio a 10% e os balões permaneceram no banho-maria por mais 10 minutos. Esperou-se esfriar e determinou-se a intensidade de cor, usando o eletrofotômetro "Fisher" com o filtro n.º 525.

Os dados obtidos revelaram uma relação linear entre a concentração em manganês e as leituras obtidas. O fator de transformação médio obtido foi 0,52, isto é, multiplicando-se por aquele número a leitura no fotômetro, obtém-se o número de equivalentes microgramas de manganês nos 100 ml de solução.

3.3 - MARCHA ANALÍTICA ADOTADA

a) **Marcha analítica usando-se as soluções extratoras de acetato de amônio, com e sem hidroquinona, e acetato de magnésio.** Recolheu-se o percolado em copos de 250 ml, concentrou-se até 15-20 ml e tratou-se duas vezes com água-régia (5 ml HNO_3 e 15 ml HCl), para eliminar os sais amoniacais e ácido acético. Passou-se para cápsulas e aqueceu-se em banho-maria até secura completa. Depois de secos os conteúdos das cápsulas, os cloretos foram eliminados com H_2SO_4 (1+3) em banho de areia. Deixou-se esfriar, foram adicionados mais ou menos 30 ml de água destilada, 1 ml de H_2SO_4 (1+3), aqueceu-se ligeiramente e filtrou-se. No filtrado, que foi recebido em balões aferidos de 100 ml, colocaram-se mais 2 ml de H_2SO_4 (1+3), 2 ml de HNO_3 , 5 ml de AgNO_3 a 4% e, daqui por diante, procedeu-se como foi descrito em 3.2.

Na extração com solução normal de acetato de amônio contendo hidroquinona e com $\text{pH}=7,00$, depois de eliminados os cloretos com H_2SO_4 (1+3), os derivados da hidroquinona, resistentes à água-régia, foram eliminados em forno elétrico à temperatura de 550-600°C. Depois, a marcha analítica prosseguiu conforme foi descrita. Na extração com a solução de acetato de magnésio, os cloretos foram eliminados com H_2SO_4 (1+1) em balões de Kjeldahl.

b) **Marcha analítica usando-se as soluções extratoras de nitrato de sódio, nitrato de potássio, nitrato de magnésio e nitrato de cálcio.** Pipetaram-se 50 ml do percolado, que foram transferidos para um balão aferido de 100 ml e adicionaram-se 3 ml de H_2SO_4 (1+3), 2 ml de HNO_3 , 5 ml de AgNO_3 a 4% e procedeu-se, daí por diante, como foi descrito em 3.2. No caso particular do nitrato de cálcio foi necessária uma filtração a mais para remover o sulfato de cálcio, formado pela ação do ácido sulfúrico. Aliás, a filtração foi uma operação freqüentemente usada para eliminar o AgCl formado pela reação entre o Ag^+ e o Cl^- , que ocorria como impureza nas substâncias empregadas como agentes extratores.

c) **Marcha analítica usando-se as soluções extratoras de ácido nítrico 0,01, 0,05 e 0,2 normal e H_2SO_4 (1+1) com HNO_3 .** Retirou-se uma alíquota de 50 ml, transferiu-se para balão aferido de 100 ml, adicionaram-se 3 ml de H_2SO_4 (1+3) (não foi necessário juntar este último ácido à solução obtida pelo ataque do solo com a solução de H_2SO_4 e HNO_3), 3-5 ml de solução de H_3PO_4 ($d=1,689$), 2 ml de HNO_3 , 5 ml de AgNO_3 a 4% e procedeu-se daí por diante conforme foi descrito no capítulo 3.2.

4 - RESULTADOS OBTIDOS

No quadro 2 estão representados os tipos de solo, o número das amostras e os resultados obtidos em equivalente miligrama (e. mg) de manganês por 100 g de "terra fina", com as diferentes soluções extratoras. Em tôdas as amostras e com tôdas as soluções foram executadas duas extrações sucessivas de 100 ml cada uma, com exceção dos casos que serão apontados. Assim, na 3.^a coluna do quadro 2, aparecem os dados obtidos com

Quadro 2. -- Extração do manganês de alguns tipos de solo do Estado de S. Paulo com diferentes soluções. Resultados em equivalente-miligramas de Mn^{++} por 100 gramas de terra fina.

Tipos de solo	Amostras	Extrações	Soluções Extratoras													
			CH_3COONH_4 pH = 7,00 N/1	$NaNO_3$ N/1 pH = 3,55	$NaNO_3$ N/2 pH = 5,40	KNO_3 N/1 pH = 5,65	KNO_3 N/2 pH = 6,35	$Mg(NO_3)_2$ N/1 pH = 4,80	$Mg(NO_3)_2$ N/2 pH = 5,15	$(CH_3COO)_2Mg$ pH = 7,00 N/1	$Ca(NO_3)_2$ pH = 7,00 N/1	CH_3COONH_4 + HClO ₄ pH = 7,00	HNO_3 0,01 N	HNO_3 0,05 N	HNO_3 0,2 N	H_2SO_4 (1+1)
Terra roxa legítima...	P-402a	{ 1° 2°	0,452 0,063	0,461 0,052	0,424 0,040	0,475 0,083	0,364 0,038	0,650 0,040	0,616 0,038	0,598 tr	0,645 0,008	0,844 —	0,385 0,271	0,790 0,017	0,953 0,153	6,854 —
	P-409a	{ 1° 2°	0,148 0,042	0,104 0,027	0,082 0,011	0,099 0,005	0,078 0,012	0,328 0,056	0,319 0,048	0,302 0,023	0,274 0,038	0,234 —	0,168 0,130	0,338 0,220	0,645 0,187	3,744 —
	P-465a...	{ 1° 2°	0,245 0,077	0,222 0,045	0,192 0,022	0,215 0,047	0,239 0,031	0,532 0,054	0,502 0,034	0,482 0,073	0,530 0,007	1,511 —	0,449 0,397	0,874 0,083	1,107 0,252	7,280 —
Massapê e-salmeyado...	P-510a	{ 1° 2°	0,395 0,048	0,366 0,035	0,340 0,020	0,369 0,055	0,328 0,048	0,473 0,042	0,437 0,034	0,431 tr	0,460 tr	0,624 —	0,455 0,166	0,582 0,055	0,700 0,151	2,974 —
	P-524a	{ 1° 2°	0,059 0,019	0,052 0,014	0,035 0,005	0,042 tr	0,044 0,005	0,158 0,045	0,142 0,027	0,151 0,032	0,146 tr	1,966 —	0,114 0,203	0,442 0,161	0,728 0,369	3,640 —
	P-530a...	{ 1° 2°	0,178 tr	0,132 tr	0,111 0,029	0,158 0,005	0,157 0,005	0,204 0,008	0,250 0,003	0,236 0,038	0,236 0,004	1,023 —	0,312 0,317	0,536 0,151	0,770 0,364	3,432 —
Arenito Bauru	P-534a	{ 1° 2°	0,093 0,016	0,047 tr	0,044 tr	0,036 tr	0,042 0,003	0,153 0,018	0,116 0,003	0,142 tr	0,105 tr	0,423 —	0,138 0,112	0,251 0,025	0,340 0,077	1,872 —
	P-541a	{ 1° 2°	0,192 0,012	0,198 0,011	0,187 0,011	0,191 0,006	0,187 0,010	0,220 0,016	0,213 0,008	0,203 0,037	0,197 tr	0,327 —	0,227 0,008	0,257 tr	0,246 0,037	2,038 —

a 1.^a e 2.^a extrações, promovidas pelos diversos extratores. Com a solução normal de acetato de amônio contendo 0,4% de hidroquinona e pH=7,00 fez-se uma única extração. Também com a última solução extratora, H₂SO₄, (1+1) e HNO₃, foi executada apenas uma extração, porque, conforme foi dito em 3.1, o ataque enérgico em balão de Kjeldahl teve como objetivo conhecer o teor em manganês no estado de reserva, ou pelo menos num estado menos solúvel.

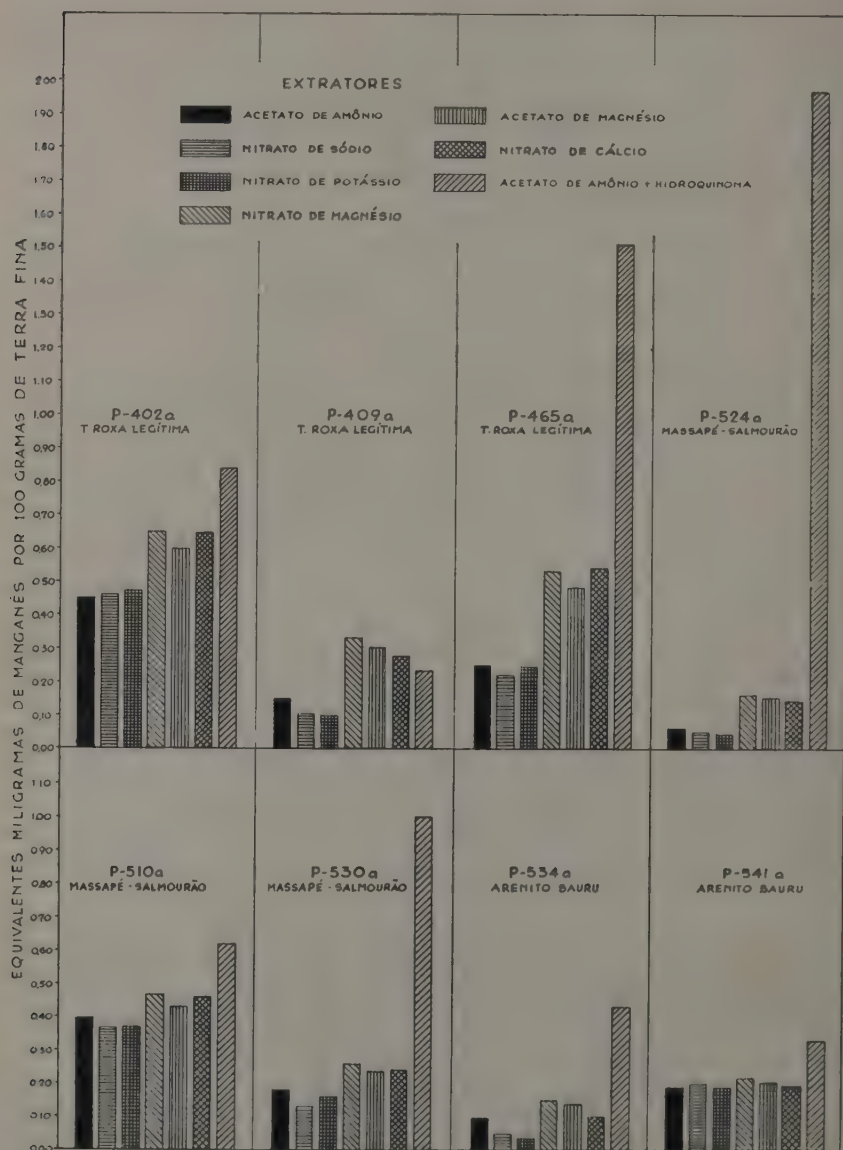
No quadro 2, constam ainda o pH das soluções extratoras formadas de sais de amônio, sódio, potássio, magnésio e cálcio. Essas soluções, cujos pH não foram acertados para 7,00, apresentaram uma concentração em hidrogênio total tão baixa que seu efeito, comparado ao do cátion metálico, torna-se desprezível (1).

Examinando os dados obtidos, vê-se que os primeiros 100 ml das soluções normais dos sais de sódio e potássio extraíram, de um modo geral, um pouco menos de manganês que a solução de acetato de amônio. No caso dos íons divalentes os dados obtidos foram diferentes. Os primeiros 100 ml das soluções normais dos sais de magnésio e cálcio extraíram mais manganês que a solução de acetato de amônio, em tôdas as amostras. É interessante observar os dados obtidos para os solos do Estado de São Paulo, que indicam a maior eficácia dos íons divalentes, magnésio e cálcio, em relação aos monovalentes, amônio, sódio e potássio, fato êste já constatado também por outros autores (4).

Os primeiros 100 ml das soluções meio normais dos sais de sódio e potássio extraíram menos manganês que a solução normal de acetato de amônio, enquanto que a solução meio normal de nitrato de magnésio extraiu mais que a solução referência. Por sua vez, os primeiros 100 ml da solução de nitrato de sódio meio normal forneceram o resultado mais baixo, porquanto com a amostra P-524a extraíram apenas 0,035 equivalente miligrama de Mn por 100 g de terra, que correspondem a 9,6 ppm de Mn. Quanto à segunda extração (segunda porção de 100 ml), quase em todos os casos em que foi usada, houve extração de manganês em maior ou menor quantidade, conforme a natureza da solução.

Os dados obtidos com a solução normal de acetato de amônio contendo 0,4% de hidroquinona e com pH=7,00, foram mais elevados que os obtidos com qualquer uma das soluções extratoras anteriores (sais de amônio, sódio, potássio, magnésio e cálcio), em tôdas as amostras. Constituiu exceção a amostra P-409a, que com os sais magnésio e cálcio permitiu uma extração de manganês maior que a obtida com a solução de acetato de amônio normal contendo 0,4% de hidroquinona e com pH=7,00. Esta extração evidencia a existência de quantidade relativamente grande de óxidos hidratados superiores de manganês nas amostras estudadas. Talvez, com solução de outras concentrações de hidroquinona, a quantidade de manganês extraída fôsse diferente.

(1) Assim, 50 ml das soluções normais de nitrato de potássio, nitrato de sódio e nitrato de magnésio, tratados com 1 gota de solução de NaOH 0.1 N tiveram seus pH transformados de 5,65, 5,55 e 1,80 respectivamente, para 9,50, 10,65 e 7,35.



Um exame comparativo e relativamente rápido da capacidade de extração das soluções normais de sais de amônio, sódio, potássio, magnésio e cálcio, pode ser feito através da figura 1.

Os dados do quadro 2 discutidos e resumidos pela fig. 1, esclarecem que as amostras de solo estudadas, além de manganês divalente na forma "troçável", apresentam êsse elemento com valências maiores que 2, e, provavelmente, na forma de óxidos hidratados. Outro ponto que deve ser observado é que a capacidade de certos íons (magnésio e cálcio) de extrair mais manganês que outros (amônio, potássio e sódio), pode estar relacionada com o valor do raio iônico hidratado daqueles íons.

No quadro 2, são também apresentados os dados relativos às extrações promovidas pelas soluções 0,01, 0,05 e 0,2 normal de HNO_3 . Os primeiros 100 ml da solução de HNO_3 0,01 normal extraíram sempre mais manganês que os primeiros 100 ml da solução normal de acetato de amônio com $\text{pH}=7,00$, com exceção da amostra P-402a. A segunda extração (segundo volume de 100 ml) com a solução de HNO_3 0,01 normal, forneceu valores maiores que os obtidos pela segunda extração das soluções de sais de amônio (sem hidroquinona), sódio, potássio, cálcio e magnésio, com exceção da amostra P-5+1a. As soluções 0,05 e 0,2 normal de ácido nítrico extraíram quantidades apreciáveis de manganês e sempre maiores que as demais soluções, com exceção da solução de acetato de amônio contendo 0,4% de hidroquinona e com $\text{pH}=7,00$, a qual, na maioria dos casos, extraiu mais.

De um modo geral, as soluções de ácido nítrico usadas devem ter extraído, além do manganês "troçável", outras formas, e em sua maior parte provenientes dos óxidos hidratados superiores. Aliás, a existência destas formas do manganês já foi indicada pela extração com a solução normal de acetato de amônio, contendo 0,4% de hidroquinona e com $\text{pH}=7,00$.

Finalmente, devem ser examinados os dados obtidos com o ataque das amostras com solução de H_2SO_4 (1+1) e HNO_3 . Como é evidente, os resultados obtidos foram mais elevados que todos os demais. As amostras de terra roxa apresentaram os valores mais elevados, vindo em seguida as amostras do solo tipo massapé-salmourão e, finalmente, as do arenito Bauru. Êstes dados, isto é, o teor extraído pelo H_2SO_4 (1+1) e HNO_3 , evidenciam que as amostras estudadas são relativamente ricas em manganês em reserva.

5 - CONCLUSÕES

a) O manganês ocorreu na forma divalente "troçável" e "não troçável", na forma de óxidos hidratados superiores, entre $\text{MnO}_{x-1}\text{H}_2\text{O}$ e $\text{MnO}_{2-x}\text{H}_2\text{O}$, e, talvez, em outras formas, em amostras representativas dos tipos de solo: terra-roxa legítima, massapé-salmourão e arenito Bauru.

b) Em virtude da complexidade de formas de ocorrência, a capacidade de extração dêsse elemento, pelas diferentes soluções extratoras, revelou certa variação. As soluções dos sais de magnésio e cálcio foram mais eficientes que as dos sais de potássio, sódio e amônio na extração do manganês. A

solução normal de acetato de amônio, contendo 0,4% de hidroquinona e com pH=7,00, extraiu mais manganês que as soluções anteriores, indicando a existência desse elemento no solo, na forma de óxidos superiores. O mesmo fato foi indicado pelas extrações, relativamente elevadas, obtidas pelas soluções de ácido nítrico.

c) Não se pode usar a denominação teor "trocável" para o manganês, com a mesma significação que é empregado para os outros cátions. Admitindo-se como referência os dados obtidos pela técnica recomendada para a extração do teor "trocável", isto é, mediante o emprêgo de uma solução normal de acetato de amônio com pH=7,00, as soluções que forneceram resultados mais próximos foram as soluções normais de nitrato de sódio e nitrato de potássio. Em virtude de a marcha analítica de determinação do manganês ser mais simples com o uso de soluções de nitratos, em lugar do acetato de amônio, e, ainda, como a presença do nitrato de sódio não interfere na determinação de outros elementos, como cálcio, magnésio e potássio, o seu uso na extração do manganês torna-se recomendado.

d) As amostras estudadas, representando os solos tipo terra roxa legítima, massapé-salmourão e arenito Bauru, encerram uma quantidade de manganês que deve satisfazer às exigências da maioria das plantas cultivadas do Estado de São Paulo. Esta conclusão está baseada nos resultados obtidos com as soluções de sais de amônio, sódio, potássio e magnésio. O resultado mais baixo, foi o obtido com a solução de NaNO_3 meio normal na amostra P-524a, que forneceu 0,035 equivalente miligrama de manganês ou 9,6 ppm de Mn, valor êste acima do admitido como satisfatório, para a maioria das culturas.

RESUMO

O presente trabalho estuda a capacidade de extração do manganês do solo, por diversas soluções, a fim de esclarecer as formas de ocorrência daquele elemento nos solos do Estado de São Paulo.

Os solos estudados foram representados por três amostras de terra roxa legítima (solo oriundo de diabase), três amostras de solo massapé-salmourão (solo proveniente de gnaís, xistos, granitos, etc.) e duas amostras de solo arenito Bauru (solo derivado da rocha sedimentar denominada arenito Bauru). Para extrair o manganês foram usadas as soluções: solução normal de acetato de amônio com pH=7,00; solução normal e meio normal de nitrato de potássio; solução normal e meio normal de nitrato de sódio; solução normal de acetato de magnésio; solução normal de nitrato de cálcio; solução normal de acetato de amônio, contendo 0,4% de hidroquinona e com pH=7,00; soluções de ácido nítrico 0,01, 0,05 e 0,2 normal. As extrações foram executadas por percolação usando 100 a 200 ml das mesmas para 10 g de terra. Foi, também, executada uma extração enérgica, usando-se H_2SO_4 (1+1) e HNO_3 para conhecer o teor em manganês no estado de reserva.

Os resultados obtidos mostraram que as soluções dos sais de magnésio e cálcio foram mais eficientes que as de acetato de amônio (sem hidroqui-

nona), de nitrato de sódio e de nitrato de potássio, na extração do manganês. As soluções normais de nitrato de sódio e nitrato de potássio forneceram os resultados mais próximos dos obtidos com a solução normal de acetato de amônio com $\text{pH}=7,00$. A solução de acetato de amônio contendo 0,4% de hidroquinona e com $\text{pH}=7,00$ extraiu uma quantidade elevada de manganês, acontecendo o mesmo com as soluções 0,01, 0,05 e 0,2 normal de ácido nítrico.

Os dados obtidos esclarecem que o manganês, além da forma "trocável", ocorre, nas amostras estudadas, na forma de óxidos hidratados, desde $\text{MnO}_{\cdot n}\text{H}_2\text{O}$ até $\text{MnO}_{2\cdot n}\text{H}_2\text{O}$ e, provavelmente, em outras formas. Em virtude da relativa complexidade das formas de ocorrência do manganês no solo, a extração do teor "trocável" exclusivo tornou-se difícil. Entretanto, admitindo-se como "trocável" o teor extraído pela solução normal de acetato de amônio com $\text{pH}=7,00$, a solução que mais satisfaz, sob os pontos de vista de capacidade de extração e de facilidade de marcha analítica, foi a de nitrato de sódio normal.

O teor de manganês extraído por qualquer das soluções dos sais de amônio, sódio, potássio, cálcio e magnésio das amostras estudadas, mostrou que a quantidade daquele elemento existente nos solos em questão é suficiente para satisfazer às exigências da maioria das plantas cultivadas.

SUMMARY

This paper reports a study concerning the extraction of manganese from several soil types of the State of S. Paulo with different solutions. The soils studied were: 3 samples of a soil type originated from gneiss, granites, shales etc.; 3 samples of a soil type derived from basalts, and 2 samples of a soil type whose original material came from a sandstone.

Manganese was extracted by percolating 10 g of soil with 100 or 200 ml of the following solutions: normal solution of ammonium acetate, $\text{pH}=7.00$; normal and one half normal solution of potassium nitrate; normal and one half normal solution of sodium nitrate; normal solution of magnesium acetate; normal solution of calcium nitrate; normal solution of ammonium acetate with 0.4% of hydroquinone, $\text{pH}=7.00$; 0.01, 0.05 and 0.2 normal solutions of nitric acid.

Also, a less soluble form of manganese was extracted by treating 1 g of soil with H_2SO_4 and HNO_3 .

Magnesium and calcium ions were more effective than sodium potassium and ammonium in extracting soil manganese.

Normal sodium nitrate and potassium nitrate solutions extracted a little less manganese than normal ammonium acetate solution, $\text{pH}=7.00$.

The neutral solution of ammonium acetate plus 0.4% of hydroquinone, and the 0.01, 0.05 and 0.2 normal solutions of nitric acid extracted large amounts of manganese showing that manganese occurs in several forms in the studied soils. From all indications it is admitted that manganese occurs as divalent, tetravalent and probably, in other stages between those valences.

In spite of the fact that it was difficult to determine the exchangeable manganese, it is assumed that the normal sodium nitrate solution was one of the best for extracting that content and for analytical purposes.

From all the data there are indications that the soils studied are quite well supplied with manganese.

LITERATURA CITADA

1. **Catani, R. A. e A. Küpper.** As formas "trocável" e "fixa" dos cátions K^+ , Ca^{++} e Mg^{++} nos solos do Estado de S. Paulo. *Bragantia* **9**:185-192. 1949.
2. **Coppenet, M.** Étude du manganèse dans le sol. *Annales Agronomiques*. pág. 666. Ministère de l'Agriculture. Dunod, Paris. 1951.
3. **Fujimoto, C. K. e D. Sherman.** Behavior of manganese in the soil and the manganese cycle. *Soil Sci.* **66**: 131-145. 1948.
4. **Leeper, G. W.** The forms and reactions of manganese in the soil. *Soil Sci.* **63**: 79-94. 1947.
5. **Leeper, G. W. e R. J. Swaby.** The oxidation of manganese compounds by micro-organisms in the soil. *Soil Sci.* **49**: 163-169. 1940.
6. **Paiva Neto, J. E. de, R. A. Catani, M. S. Queiroz e A. Küpper.** Contribuição ao estudo dos métodos analíticos e de extração para a caracterização química dos solos do Estado de S. Paulo. *An. da 1.ª Reunião Bras. de Ciência do Solo*, pág. 79-108. 1950.
7. **Paiva Neto, J. E. de.** O manganês e os solos do Estado de S. Paulo. *Rev. Agricultura* **16**: 515-583. 1941.
8. **Peech, M.** *Em* Diagnostic techniques for soils and crops, pág. 15-17. Publ. by The American Potash Institute, Washington 6, D. C. 1948.
9. **Weber, H.** Über die massanalytische und kolorimetrische Bestimmung des Mangans. *Zeit. anal. Chem.* **43**: 643-656. 1904.

NOTA

EMPREGO DE LAMINADO PLÁSTICO VINÍLICO COMO AMARRILHO NA ENXERTIA — E. GERMEK. Diversos amarrilhos têm sido empregados na enxertia, sendo os mais usuais a rafia, o fio de lã, a tela encerada e a tira de borracha. Tivemos a idéia de usar, como amarrilho, o laminado plástico vinílico, que é a matéria plástica apresentada no comércio sob a forma de cortinas para banheiro, capas para chuva, etc. O plástico que experimentamos foi o de 0,1 mm de espessura, cortado em tiras de mais ou menos 6 mm. Efetuamos enxertos de borbulhas, garfos de encôsto em macieiras, com bom pegamento e rápida formação do calo. Com o emprego de laminado plástico, a proteção da borbulha é boa, possibilitando o uso de métodos de enxertia mais simples e, portanto, mais rápidos. As tiras, no caso de borbulhia, devem ser estreitas para, no enrolar, ser mais fácil deixar livre a gema. Nas garfagens e enxertos de encôsto, dispensa-se completamente o mastique. Uma única laçada é suficiente para amarrar o enxerto. Encontrando-se dificuldade em apertar o laço, enrola-se a extremidade final da tira sobre si mesma, de modo que fique torcido o amarrilho, fazendo-o correr livremente. Como vantagens, o laminado plástico vinílico apresenta: a) pode ser cortado no tamanho mais conveniente; b) é bastante resistente; c) sendo impermeável, evita o dessecamento da borbulha e a entrada de água; os cortes expostos ficam protegidos, dispensando o uso de mastiques; d) o calo forma-se com muita rapidez; e) tem grande elasticidade, o que é importante nos enxertos herbáceos e de rápido crescimento, em que a rafia comumente os estrangula; f) pode ser usado novamente; g) permite o emprego de métodos mais simples de enxertia, aumentando o rendimento nessa operação. SECÇÃO DE GENÉTICA, INSTITUTO AGRÔNOMICO DE CAMPINAS.

SUMMARY

Vinyl plastic strip has been used with success as a tie in budding and grafting.

Imprimiu:
INDÚSTRIA GRÁFICA SIQUEIRA S/A
RUA AUGUSTA, 235 — SÃO PAULO
1953

ENC. N.º 9497

THE
LIBRARY OF THE
MUSEUM OF NATURAL HISTORY
AND
ZOOLOGY
OF THE
CITY OF LONDON

SECÇÕES TÉCNICAS

- Secção de Agrogeologia** : — J. E. de Paiva Neto, A. Küpper, R. A. Catani, F. C. Verdade, H. P. Medina, M. Gutmans, M. S. Queiroz, A. C. Nascimento, A. Klinck, M. T. Piza, H. Gargantini.
- Secção de Botânica** : — D. M. Dedecca.
- Secção de Café** : — J. E. T. Mendes, F. R. Pupo de Moraes, H. J. Scaranari, Hélio de Moraes, André Tosello.
- Secção de Cana de Açúcar** : — J. M. de Aguirre Júnior, J. B. Rodrigues, A. L. Segala, Rafael Alvarez.
- Secção de Cereais e Leguminosas** : — G. P. Viegas, N. A. Neme, J. Andrade Sobrinho, H. da Silva Miranda, M. Alcover, J. Gomes da Silva.
- Secção de Conservação do Solo** : — J. Quintiliano de A. Marques, R. N. Tosello, F. Grohmann, J. Bertoni, F. M. Aires de Alencar, G. B. Barreto, H. V. de C. Bittencourt.
- Secção de Entomologia** : — L. O. T. Mendes, Romeu de Tela.
- Secção de Fisiologia e Alimentação de Plantas** : — Coaraci M. Franco, Osvaldo Bacchi, R. Inforzato, H. C. Mendes.
- Secção de Fitopatologia Aplicada** : — A. P. Viegas, C. G. Teixeira.
- Secção de Fumo, Plantas Inseticidas e Medicinais** : — A. Rodrigues Lima, S. Ribeiro dos Santos, A. Jacob.
- Secção de Oleaginosas** : — O. Ferreira de Sousa, V. Caneochio Filho, E. Abramides.
- Secção de Química Mineral** : — J. B. C. Néri Sobrinho, A. de Sousa Gomide, F. L. Serafini, J. A. Neger, I. Mendes.
- Secção de Raízes e Tubérculos** : — J. Bierrenbach de Castro, Edgard S. Normanha, A. Pais de Camargo, O. J. Boock, A. S. Pereira.
- Secção de Tecnologia Agrícola** : — A. Frota de Sousa, M. B. Ferraz, J. P. Néri, A. de Arruda Veiga, E. Castanho de Andrade, J. A. de Camargo Pacheco.
- Secção de Tecnologia de Fibras** : — E. S. Martinelli, F. A. Correia.
- Secção de Técnica Experimental e Cálculo** : — C. G. Fraga Júnior, A. Conagin, H. Vaz de Arruda.
- Serviço de Meteorologia** : — Hernani Godói.

ESTAÇÕES EXPERIMENTAIS

- Central de Campinas** : — R. Forster, M. A. Anderson.
- Boracéia** : —
- Capão Bonito** : — A. Rigitano.
- Jaú** : — M. Vieira de Moraes.
- Jundiá** : — J. S. Inglês de Sousa.
- Limeira** : — C. Roessing.
- Mococa** : — T. Ribeiro Rocha.
- Monte Alegre do Sul** : — A. Gentil Gomes.
- Pindamonhangaba** : — R. A. Rodrigues.
- Pindorama** : — J. Aloisi Sobrinho.
- Piracicaba** : — H. Correia de Arruda.
- Ribeirão Preto** : — V. Lazzarini.
- São Roque** : — W. Correia Ribas.
- Tatuf** : — D. Marcondes Correia.
- Tietê** : — V. Gonçalves de Oliveira.
- Ubatuba** : — N. de Assis Correia.

